



**Compte-rendu de mission en République démocratique du Congo (RDC)
13 au 28 mars 2012**

Appui au projet Makala.

**Evolution de la fertilité des sols d'un système agroforestier (Mampu,
Plateau Batéké) et connaissance locale des sols (Kinduala, Bas Congo)**



Vincent Freycon
Version 3 août 2012

1 - Objectifs

L'objectif général de cette mission était d'apporter un appui en pédologie au projet Makala, plus précisément au WP3 "Gérer la ressource en bois énergie - forêt naturelle" et au WP4 "Augmenter la ressource en bois-énergie - forêt plantée".

Dans le cadre du WP3, l'objectif était de caractériser les types de sols décrits par le groupe ethnolinguistique des Batandu dans le district de la Lukaya (Province du Bas Congo). L'étude a été menée dans le village de Kinduala (Bas-Congo), en vue d'utiliser cette typologie pour compléter l'élaboration des plans simples de gestion dans les terroirs villageois.

Dans le cadre du WP4, l'objectif était d'étudier l'évolution de la fertilité des sols des parcelles de Mampu (Plateaux Batéké) après une vingtaine d'années de l'itinéraire technique "Mampu", un itinéraire qui associe au cours du temps une agriculture traditionnelle d'autosubsistance avec des plantations d'*Acacia auriculiformis* pour la production de charbons de bois.

Cette mission a été financée par le projet Makala.

Je tiens à remercier tout particulièrement Emilien Dubiez, responsable des opérations du projet Makala, pour l'organisation de cette mission ; Emilien Dubiez (bis), Franck Bisiaux (Fondation Hanns Seidel) et Morgan Gigaud (stagiaire) pour la richesse des discussions sur le Plateau Batéké ; D. Batababudi Ndéké pour avoir conservé précieusement la « mémoire » des plantations ; les villageois du village de Kinduala (Bas-Congo) qui ont consacré du temps pour participer aux réunions et/ou qui nous ont accompagné sur le terrain ; Baby Mvolo pour la traduction des discussions que j'ai eues avec ces villageois et Bertrand Lavis (stagiaire, Gembloux Agro Bio Tech) pour son aide apportée sur le terrain. Enfin, merci à Nicolas Fauvet pour la réalisation des cartes sur SIG.

L'**Annexe 1** reprend le calendrier de la mission.

2 – Le projet Makala

L'**enjeu** du projet MAKALA est de répondre à l'augmentation continue des besoins et aux risques de gestion non durable des ressources forestières en améliorant la durabilité de l'approvisionnement en ressource bois énergie en RDC, et au-delà, en Afrique tropicale humide.

L'**objectif principal** du projet MAKALA est de sécuriser la ressource en bois pour l'approvisionnement en énergie de deux villes de RDC et une ville du Congo, par une amélioration de la gestion des forêts (naturelles et plantées) et de l'efficacité de la transformation énergétique, en vue d'augmenter durablement le niveau de vie des populations locales.

Les **objectifs spécifiques** du projet MAKALA sont les suivants :

- apporter une vision prospective et contribuer à une meilleure compréhension et faisabilité des nouveaux mécanismes de financement, dans un cadre institutionnel stabilisé et clarifié ;
- gérer durablement et améliorer la valeur de la ressource bois énergie (forêts naturelles et plantées) ;
- améliorer la transformation du bois en charbon et augmenter le rendement énergétique ;
- impliquer et organiser les communautés rurales pour une meilleure appropriation (savoirs, bénéfices).

Ce document a été réalisé avec l'aide financière de l'Union Européenne. Le contenu de ce document relève de la seule responsabilité de ses auteurs et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant la position de l'Union Européenne.

Vincent Freycon : Pédologue / Cirad

Email : vincent.freycon@cirad.fr

Emilien DUBIEZ : Assistant technique, responsable des opérations du Projet Makala

Email : emilien.dubiez@cirad.fr

Franck BISIAUX : Représentant du module Agroforestier du projet Makala / Fondation Hans Seidel

Email : mampu.fjs@gmail.fr

Ce document n'aurait pas pu se faire sans l'aide apportée par les différentes personnes ressources rencontrées au cours de la mission.

3 – Evolution de la fertilité des sols d'un système agroforestier (Mampu, Plateau Batéké)

3.1. Introduction

Les besoins en bois-énergie sont immenses autour des grandes villes africaines. Pour couvrir ces besoins, tout en ne dégradant pas la ressource en bois et tout en continuant à produire des cultures vivrières, les systèmes agroforestiers qui s'inspirent du système taungya sont a priori bien adaptés. En effet, le système taungya, développé au 19^{ème} siècle par les anglais en Birmanie et étendu depuis dans d'autres régions (Menziez 1988, Imo 2009, Kalame *et al.* 2011), associe sur le même espace des plantations d'arbres avec des cultures vivrières. Par contre, on peut se demander si ces systèmes agroforestiers sont durables d'un point de vue de la fertilité du sol après plusieurs cycles, puisque les éléments minéraux sont exportés et lors de la récolte des cultures vivrières et lors de la coupe des arbres pour produire du charbon de bois.

L'objectif de cette mission était alors d'évaluer l'évolution de la fertilité des sols de Mampu (RDC) après une vingtaine d'années de pratiques d'un système agroforestier à *Acacia auriculiformis* principalement.

3.2. Le site d'étude

Mampu se situe en RDC sur les plateaux Batéké, à 170 km de Kinshasa. Le plateau Batéké est caractérisé par un relief assez plat, à une altitude autour de 700 m. Il est entaillé par des rivières d'orientation générale nord-sud. La formation géologique de ces plateaux correspond aux sables ocres du système Kalahari. Les sols résultants sont sableux (Arenosols, IUSS Working Group WRB 2006). Le climat est tropical humide, avec une pluviosité annuelle moyenne de 1400 mm et une saison sèche de 4 mois. Le plateau est occupé généralement par la savane, tandis que les versants autour des rivières sont occupés par des forêts galeries en cours de dégradation (Photos 1 et 2). Ces forêts tendent à disparaître sous l'action de l'homme ne laissant que de jeunes jachères dont la diversité floristique est moindre.

3.3. Le système agroforestier Mampu

A Mampu a été développé un système agroforestier depuis 1987. Il est décrit précisément par Bisiaux *et al.* (2009).

En résumé, les différentes étapes de ce système sont les suivantes (Fig. 1) :

- plantation d'*Acacia auriculiformis* (principalement¹) entre 1987 et 1993, sur 8000 ha d'anciennes savanes.
- coupe des *Acacia auriculiformis* à partir de 1995 pour produire du charbon de bois
- brûlis des résidus afin de lever la dormance des graines d'*A. auriculiformis*²
- plantation en billons de cultures vivrières (manioc, maïs), en maintenant lors du sarclage les régénérations d'*A. auriculiformis* sur les billons
- récolte du maïs et du manioc, respectivement 4 mois et 12 à 18 mois après le brûlis.
- jachère d'*A. auriculiformis* durant quelques années avant une 2^{ème} coupe et une 2^{ème} mise en culture.
- etc.

¹ Mais aussi *Eucalyptus camaldulensis*

² Ce système de brûlis n'a été mis en place qu'en 2005. Avant 2005, les premières rotations ont été réalisées à partir de plants issus de pépinières qui étaient gérées par les paysans, et mis en terre après la culture du manioc.

Hormis la plantation initiale, les différentes étapes ont été effectuées par des agriculteurs qui possèdent chacun un lot de 25 ha (500 m x 500 m). Comme les agriculteurs gèrent en moyenne des parcelles de 1,5 ha (30 m x 500 m) par an, mais pas tous au même rythme, on retrouve en 2012 une grande variété de situations allant de parcelles d'*A. auriculiformis* de la 1^{ère} génération, âgés de 22 ans, à des parcelles d'*A. auriculiformis* de la 3^{ème} génération, âgés de 1 an (Fig. 2).

Il est alors possible d'étudier l'évolution de la fertilité des sols en fonction du nombre de générations, sous la forme d'une chronoséquence.

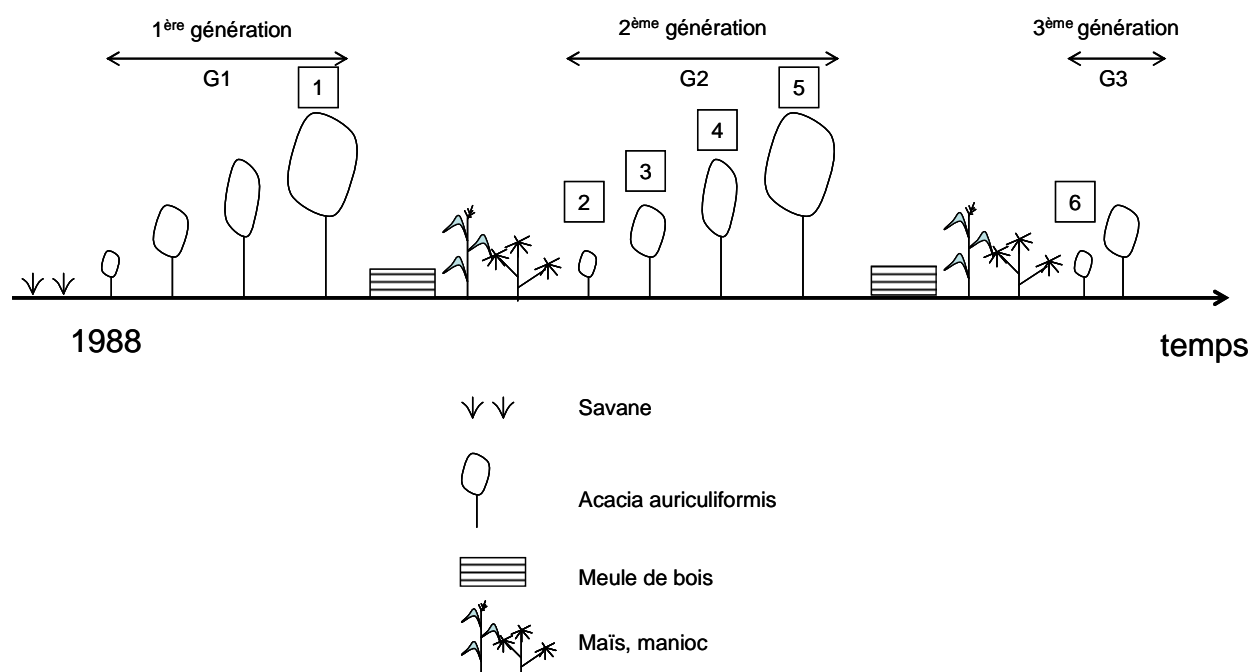


Figure 1 : Les différents stades au cours du temps du système agroforestier Mampu. Les chiffres encadrés représentent les six stades qui ont été étudiés dans les chronoséquences (§. 3.7)

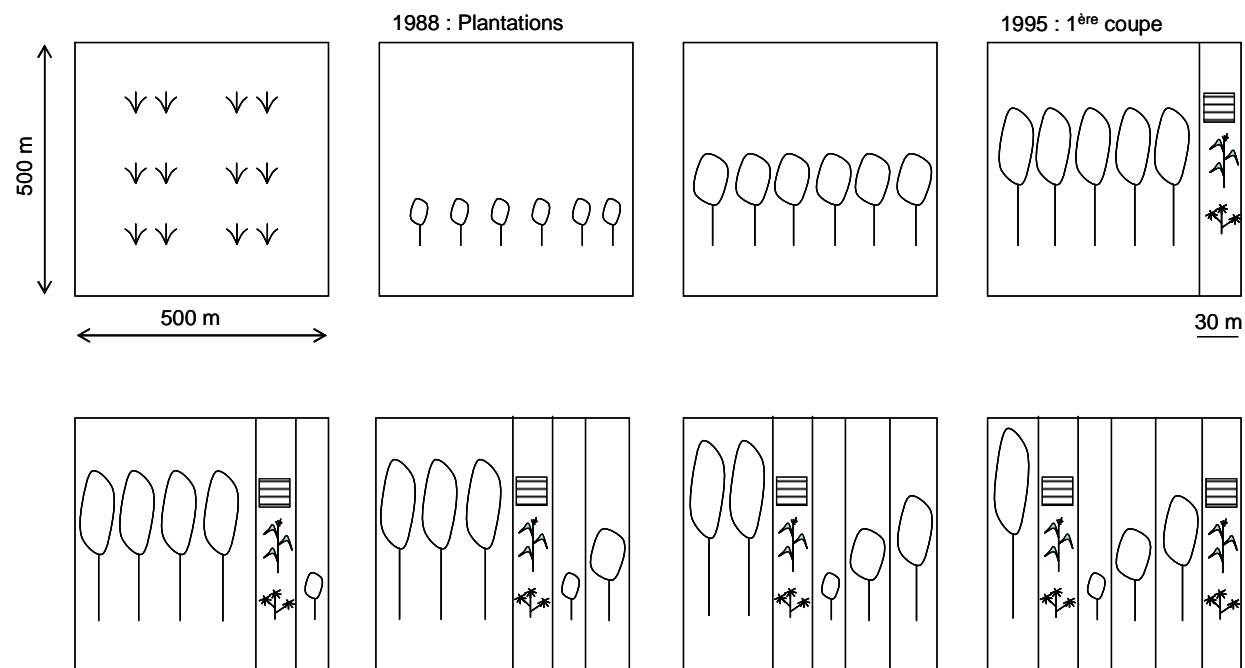


Figure 2 : Les différents stades au cours du temps du système agroforestier Mampu à l'échelle d'un bloc de 25 ha, géré annuellement par bande de 1,5 ha. Seulement quelques bandes sont représentées.



Photo 1 : Plateau Batéké occupé par une savane herbeuse



Photo 2 : Plateau Batéké entaillé par la rivière Lufimi

3.4. Protocoles expérimentaux

Cinq protocoles ont été réalisés, trois pour avoir un aperçu des sols du plateau Batéké et de Mampu, et deux autres pour estimer l'évolution de la fertilité des sols de Mampu après avoir appliqué depuis 1987 un système agroforestier.

Dans la suite, nous décrivons chaque protocole expérimental et les premiers résultats.

3.5. Aperçu des sols de Mampu

a) M&M

Nous avons réalisé 10 sondages tarière jusqu'à 1m20 (s1 à s10) dans la plantation de 8000 ha et la savane voisine. Nous avons caractérisé principalement la couleur, la présence de taches et la texture. Ces sondages tarière ont été réalisés sur différents types de végétation (plantations d'*Acacia auriculiformis* et d'*Eucalyptus camaldulensis*, savane, culture de manioc sur savane). Nous avons privilégié des sondages sur les 4 coins des 8000 ha afin de couvrir l'étendue géographique de cette superficie et de caractériser le gradient de fertilité des sols (Fig. 3).

b) Résultats

Les 10 sondages tarière jusqu'à 1m20 de profondeur nous permettent d'avoir un premier aperçu des sols de Mampu (Tab. 1).

Ces dix sondages ont des caractéristiques communes : ce sont des sols sableux avec un horizon brun (Value du code Munsell ≤ 4) d'une épaisseur importante qui varie entre 40 et 100 cm.

Toutefois, on peut distinguer des différences entre ces dix sondages suivant trois critères :

- Le premier critère concerne l'évolution du sol avec la profondeur. Il permet de différencier les sondages s1 à s8 des sondages s9 et s10. Sur les sondages s1 à s8, la texture devient sablo-argileuse au moins à partir de 60 cm et des taches brunes apparaissent dans une matrice jaune-rouge. Au contraire, sur les sondages s9 et s10, la texture reste sableuse avec la profondeur, des taches ne sont pas observées, et la transition est nette entre l'horizon brun de surface et l'horizon brun-jaune pale de profondeur. Ce premier critère oppose donc les deux sondages s9 et s10 qui sont situés au sud-est des plantations aux autres sondages. Ce résultat est compatible avec la présence d'un gradient de texture au sein des plantations de Mampu qui serait orienté du sud-est au nord-ouest (Bisiaux, comm. personnelle).
- Le deuxième critère concerne le mat racinaire dans l'horizon de surface. Il permet de différencier les sondages prélevés sous plantations (s2, s5, s6, s7) qui possèdent un mat racinaire aux autres sondages qui n'en possèdent pas. L'épaisseur de ce mat racinaire est la plus importante sous les plantations d'*A. auriculiformis* âgées de 21 ans (s2, s7). Elle s'accompagne alors de la présence de quartz blanc bien différenciés. Cela suggère un recyclage efficace des éléments minéraux de la litière des plantations âgées d'*A. auriculiformis* grâce au mat racinaire.
- Le troisième critère concerne l'épaisseur de l'horizon brun (value ≤ 4) qui varie suivant les sondages entre 40 et 100 cm. Cette épaisseur est la plus importante (80 à 100 cm) sous les plantations d'*A. auriculiformis* âgées de 21 ans (s2, s7). Ce résultat suggère une plus forte teneur en matière organique en profondeur sous ces plantations par rapport aux autres types de végétation.

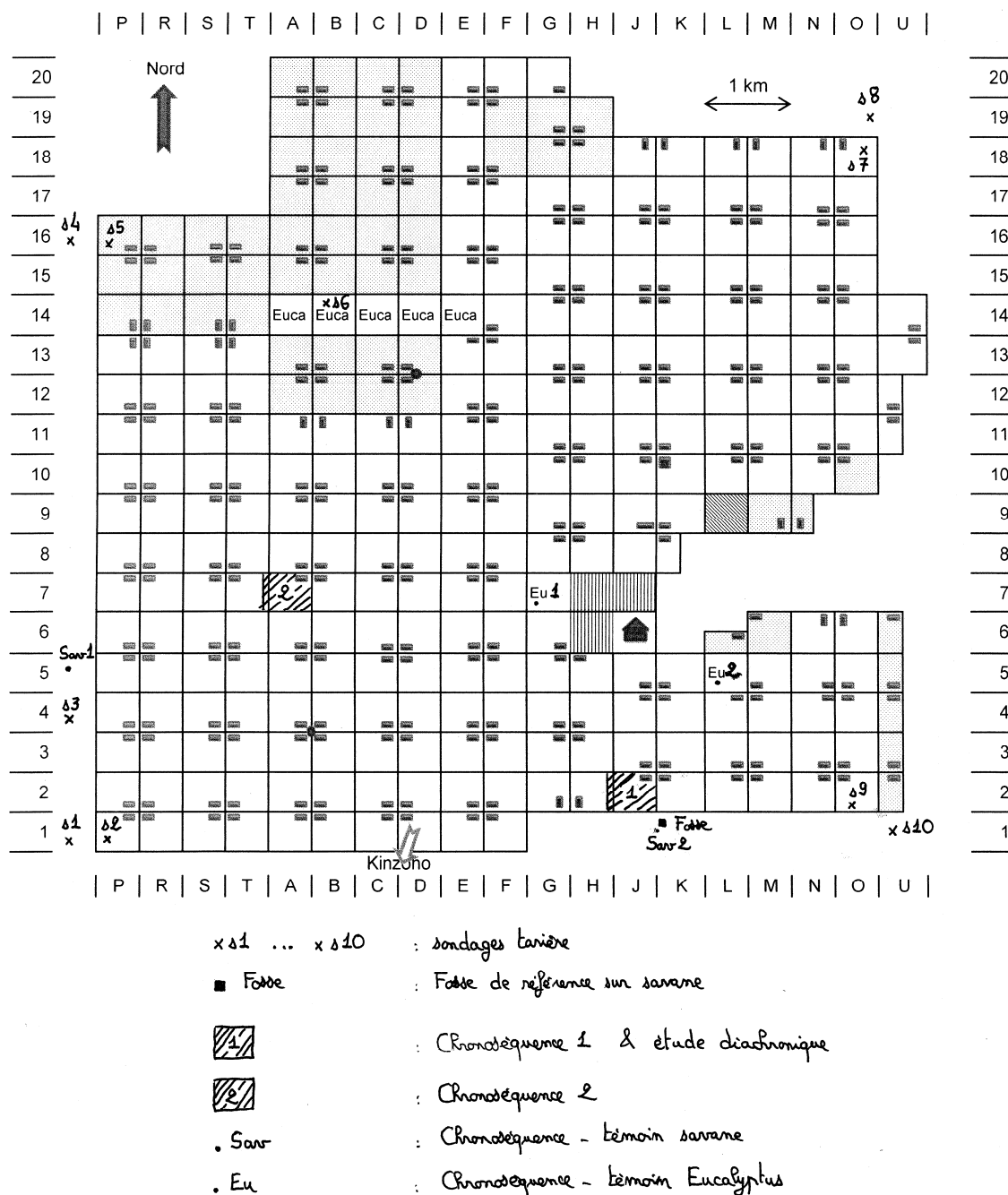
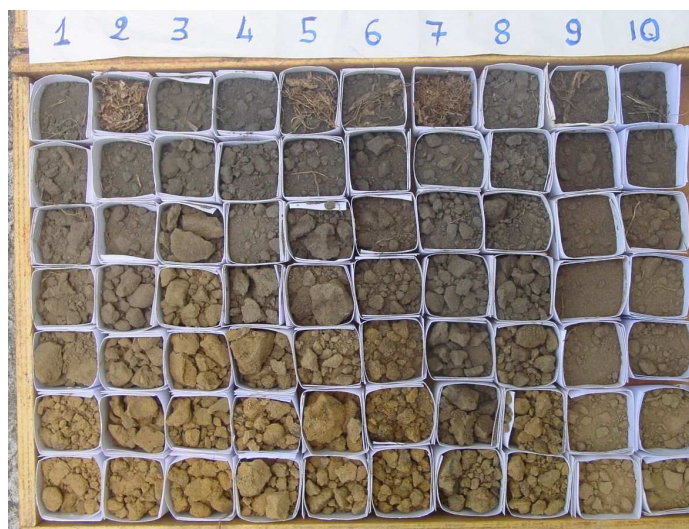


Figure 3 : Localisation schématique des études réalisées à Mampu lors de la mission

Tableau 1 : Aperçu des sols de Mampu (synthèse des sondages tarière)

Id sondage	Lot	Type de végétation	Texture		Epaisseur de l'horizon sombre (Value ≤ 4)	Profondeur d'apparition de taches	Epaisseur du mat racinaire	Quartz blanc en surface
			0-10 cm	100-120 cm				
s1		Savane	S	SA	60 cm	40 cm	-	-
s2	P1	Plantation d'A. auriculiformis âgée de 21 ans	S	SA	100 cm	100 cm	2 cm	oui
s3		Culture de manioc sur savane	S	SA	40 cm	20 cm	-	-
s4		Savane brûlée	S	SA	40 cm	40 cm	-	-
s5	P16	Plantation d'A. auriculiformis âgée de 6 à 7 ans	S	SA	60 cm	20 cm	< 1 cm	-
s6	B14	Plantation d'E. camaldulensis âgée de 21 ans	S	SA	60 cm	40 cm	< 1 cm	-
s7	O18	Plantation d'A. auriculiformis âgée de 21 ans	S	SA	80 cm	60 cm	2 cm	oui
s8		Savane	S	SA	60 cm	60 cm	-	-
s9	O2	Juste après coupe d'une plantation d'A. auriculiformis âgée de 23 ans, feu et production d'une meule	S	S	60 cm	-	-	-
s10		Savane	S	S	40 cm	-	-	-



3.5. Aperçu des sols des plateaux Batéké en fonction de la topographie

a) M&M

Nous avons réalisé 8 sondages tarière jusqu'à 1m20 (s11 à s18) le long du transect KE qui a été étudié par M. Gigaud dans le cadre de son stage sur l'estimation de la ressource le long des versants de la rivière Lufimi. Ce transect, d'une longueur d'environ 700 m, démarre du plateau Batéké et suit approximativement la ligne de plus grande pente pour se terminer au niveau de la rivière Lufimi (Tab. 2). Ces sondages tarière ont été réalisés sur différents types de végétation, principalement savanes et jachères de courte durée (< 6 ans). Sur ces 8 sondages tarière, nous avons caractérisé principalement la couleur, la présence de taches et la texture.

b) Résultats

Les 8 sondages tarière jusqu'à 1m20 de profondeur effectués le long du transect KE nous ont permis d'avoir une première compréhension de l'organisation des sols (Tab. 2).

La texture des sols varie suivant la topographie : les sols de haut de versant sont rapidement sablo-argileux avec la profondeur tandis que les sols de bas de versant restent sableux, la transition ayant lieu à mi-versant. Ce résultat suggère un processus d'érosion des sols sur le versant (exportation des éléments fins – argile – vers l'aval) et/ou un processus de colluvionnement en bas de versant.

A proximité de la rivière Lufimi, sur un replat, nous avons observé de nombreux blocs de roches (a priori des quartzites) à la surface du sol (Photos 3 et 4). Le sol (sondage s18) est alors peu épais (blocage tarière à 40 cm) et est très sombre (Value=2), à cause certainement d'un mauvais drainage et par conséquent d'une mauvaise dégradation de la matière organique.

Plus généralement, les sols de ce transect sont communs à ceux de Mampu par la présence à partir d'une profondeur variable de taches brunes dans une matrice brun-jaune ou jaune. Par contre, ils se distinguent de ceux de Mampu par une épaisseur moins importante de l'horizon brun (≤ 40 cm). Cette différence est certainement due pour une part à des pratiques (jachères de courte durée) qui ne favorisent pas le maintien de la fertilité (matière organique) du sol.

Tableau 2 : Aperçu des sols des plateaux Batéké en fonction de la topographie (synthèse des sondages tarière)

Id sondage	Id transect	Altitude GPS	Position topo	Pente (%)	Unité de Paysage	Texture		Epaisseur de l'horizon sombre (Value ≤ 4)	Profondeur d'apparition de taches	Charbons
						0-10 cm	100-120 cm			
s11	KE1	587	Haut versant	13	Jachère < 6 ans	S	SA	10 cm	60 cm	Oui
s12	KE2	577	Haut versant	13	Jachère < 6 ans	S	SA	0 cm	80 cm	Oui
s13	KE3	573	Haut versant	17	Savane-Jachère	S	SA	0 cm	20 cm	Oui
s14	KE4	558	Versant	20	Savane	S	S(A)	20 cm	80 cm	-
s15	KE5	534	Mi-versant	26	Savane	S	S(A)	20 cm	80 cm	Oui
s16	KE6	503	Mi-versant	40	Jachère < 6 ans	S	S	40 cm	-	Oui
s17	KE7	473	Bas versant	32	Jachère < 6 ans	S	S	20 cm	40 cm	Oui
s18	KE8	460	Bas versant	6	Brulis avant culture	S	-	40 cm	-	-

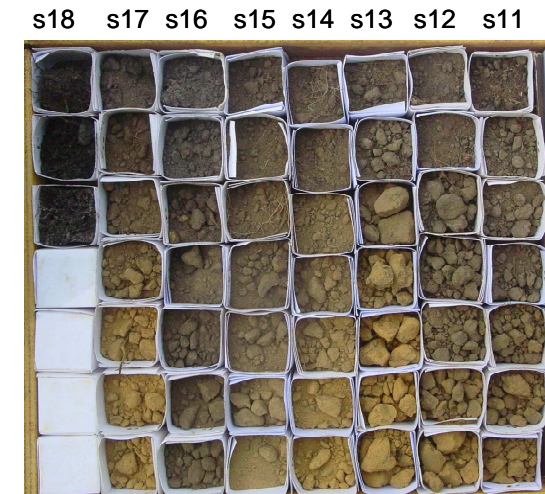
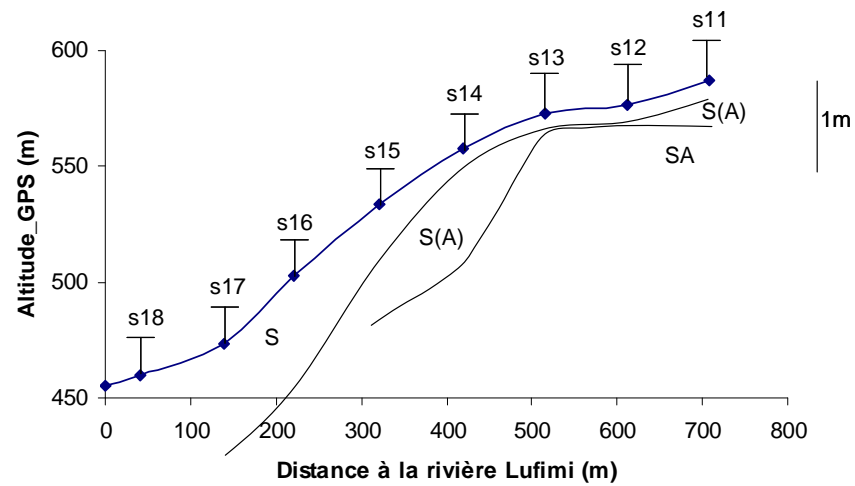




Photo 3 : Blocs de quartzites (A valider) affleurant à la surface d'un replat qui surplombe la rivière Lufimi



Photo 4 : Détail d'un bloc de quartzite (A valider)

3.6. Description d'un profil de sol sur savane du plateau Batéké

a) M&M

Nous avons ouvert une fosse de 160 cm de profondeur sur savane à proximité des plantations de Mampu (Fig. 3). Nous avons décrit le profil et avons prélevé cinq échantillons de sol en vue d'analyses physico-chimiques qui permettront d'avoir une référence de la zone avant l'installation des plantations d'*Acacia auriculiformis* et la pratique du système agroforestier. Ces analyses nous permettront aussi de classer ce profil dans le système de classification international des sols (WRB 2006). Ces 5 échantillons de sol ont été envoyés mi-juin 2012 au laboratoire d'analyses du Cirad, Montpellier (Annexe 7) mais les résultats n'avaient pas été encore reçus lors de la rédaction de ce rapport.

Dans cette fosse, nous avons aussi prélevé 13 échantillons de sol en vue d'analyser la composition isotopique du carbone (+ teneur en carbone et azote) pour déceler d'éventuels changements de végétation (ex. forêt → savane) qui ont eu lieu dans le passé. Ces échantillons de sol ont été tamisés (< 2 mm), broyés et décarbonatés par C. Angot (stagiaire M2, Isem, Montpellier 2) puis analysés au spectroscope de masse par C. Hossann (INRA Champenoux).

b) Résultats

Ce profil est décrit précisément en Annexe 2 et rappelé dans la Figure 4.

En résumé, il est caractérisé par une texture sableuse tout le long du profil, par un horizon de surface gris très sombre (10YR3/1) épais (jusqu'à 50 cm de profondeur) et la présence de taches brunes très sombres (10YR2/2) sur tout le profil, notamment au sein de la matrice jaune-rouge (7.5YR6/6) que l'on trouve à partir de 80 cm de profondeur.

Ce profil est similaire à celui décrit par Boissezon (1965) sur le plateau Batéké au Congo-Brazzaville. Les taches brunes, aussi observées par Boissezon (1965) en abondance dans un horizon « bigarré », pourraient être dues à l'incorporation de matières organiques de la savane brûlées sous l'action de feux répétés. Cette incorporation serait favorisée par la texture sableuse et l'action des termites (nous avons trouvé un reste de termitière brûlée dans l'horizon de surface).

La présence d'un horizon sombre épais pourrait laisser croire que la teneur en carbone est élevée, au moins dans les 50 premiers cm. Il n'en est rien, puisque la teneur en carbone est faible (< 1,2%) (Fig. 5a). La couleur d'un sol dépendant principalement de la matière organique et des oxydes de fer, la couleur sombre de ce profil de Mampu serait donc due à l'absence (ou la rareté) d'oxydes de fer en surface, ce qui révélerait et accentuerait la couleur noire due à la matière organique, même si celle-ci est en faible quantité.

La teneur en carbone est aussi inférieure à celles observées par Boissezon (1965) sur les savanes du plateau Batéké au Congo-Brazzaville. Une teneur plus faible en argile (< 10%) des sols de Mampu par rapport aux sols du Congo-Brazzaville pourrait expliquer ces différences puisque la teneur en carbone dépend sous un même climat, généralement de la teneur en argile (Feller *et al.* 1991, Ferry 1994).

La teneur en carbone présente des creux et des pics entre 0 et 40 cm puis décroît régulièrement avec la profondeur. Ces creux et pics sont inhabituels. Les 40 premiers centimètres n'auraient-ils pas été remaniés (artificiellement ou naturellement – termites) ?

Les analyses de $\delta^{13}\text{C}$ montrent (Fig. 5b):

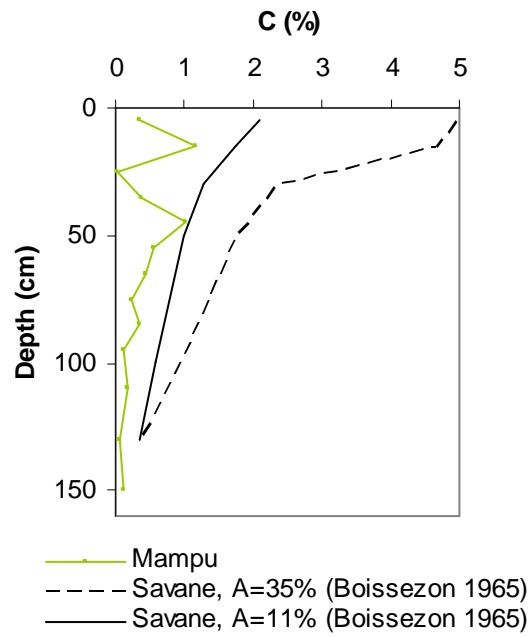
- dans les horizons de surface un signal typique de plantes en C4 qui constituent habituellement les savanes.
- un effet Suess classique (augmentation du $\delta^{13}\text{C}$ de l'ordre de 1.5 unité entre 5 cm et 25 cm de profondeur)

- puis une tendance à une diminution du $\delta^{13}\text{C}$ avec la profondeur. Par contre, la valeur minimale atteinte (-19.6‰ à 130 cm de profondeur) n'est pas un signal typique de plantes en C3 (autour de -28‰) qui constituent habituellement les forêts. Il est possible que ce signal puisse être atteint plus en profondeur (Schwartz 1991).

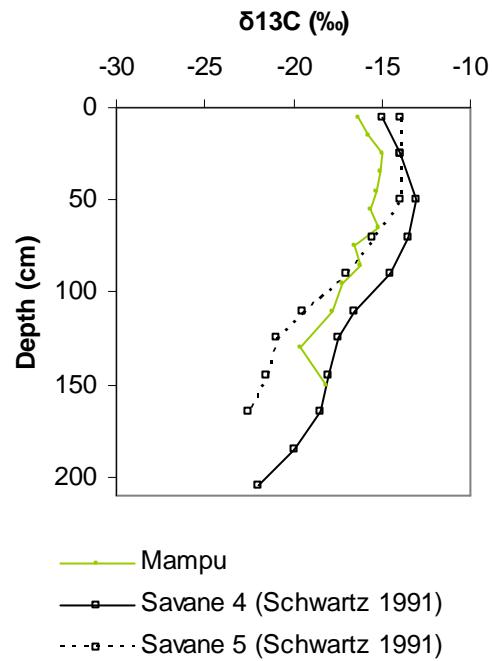
On peut donc conclure que, jusqu'à la profondeur étudiée (160 cm) qui correspond dans les quelques études menées en Afrique à des temps moyen de résidence de la matière organique compris entre 2000 et 5000 ^{14}C yrBP, nous n'avons pas mis en évidence la présence dans le passé d'une forêt.



Figure 4 : profil « Savane 2 » de Mampu (Plateau Batéké, RDC).
 Photo de la face principalement étudiée
 Photo en médaillon : savane autour de la fosse



(a)



(b)

Figure 5 : Profil en fonction de la profondeur (a) de la teneur en carbone et (b) de $\delta^{13}\text{C}$. Comparaison avec d'autres études réalisées sur des savanes du plateau Batéké (Boissezon 1965, Schwartz 1991)

3.7. Etude de chronoséquences

a) M&M

Pour étudier l'évolution temporelle de la fertilité des sols du système agroforestier, nous avons étudié deux chronoséquences. La première, « chrono1 », est située sur la ferme de Paulin Ntandala (lot J2) et sur une bande adjacente du lot H2. La deuxième, « chrono2 », est située sur la ferme de Louis Lofumbwa (lot A7) et sur une bande adjacente du lot T7 (Fig. 3). Dans ces deux fermes, les conditions initiales de plantations (date de plantation, écartement, ...) étaient proches (Annexe 3). Pour chaque chronoséquence, nous avons étudié six stades du système agroforestier (Fig. 1, Photos 5 à 14), chaque stade étant associé à une parcelle en bande de 1,5 ha (30 m x 500 m). Par exemple, pour la chrono2 :

- stade 1 : 1^{ère} génération d'*A. auriculiformis* âgée de 20 ans.
- stade 2 : 2^{ème} génération d'*A. auriculiformis* âgée de 2 ans
- stade 3 : 2^{ème} génération d'*A. auriculiformis* âgée de 4 ans
- stade 4 : 2^{ème} génération d'*A. auriculiformis* âgée de 8 ans
- stade 5 : 2^{ème} génération d'*A. auriculiformis* âgée de 12 ans
- stade 6 : 3^{ème} génération d'*A. auriculiformis* âgée de 1 an.

Les stades des deux chronoséquences avaient des histoires comparables (Fig. 6). Pour chacun de ces stades, nous avons prélevé à la tarière trois échantillons composites (ex. 3a, 3b, 3c pour le stade 3) de sol de surface [0-20 cm] qui étaient répartis généralement à intervalle régulier sur une ligne orientée nord-sud (Fig. 7). Chaque échantillon composite était le mélange de 3 échantillons prélevés à intervalle régulier sur une ligne de 20 m.

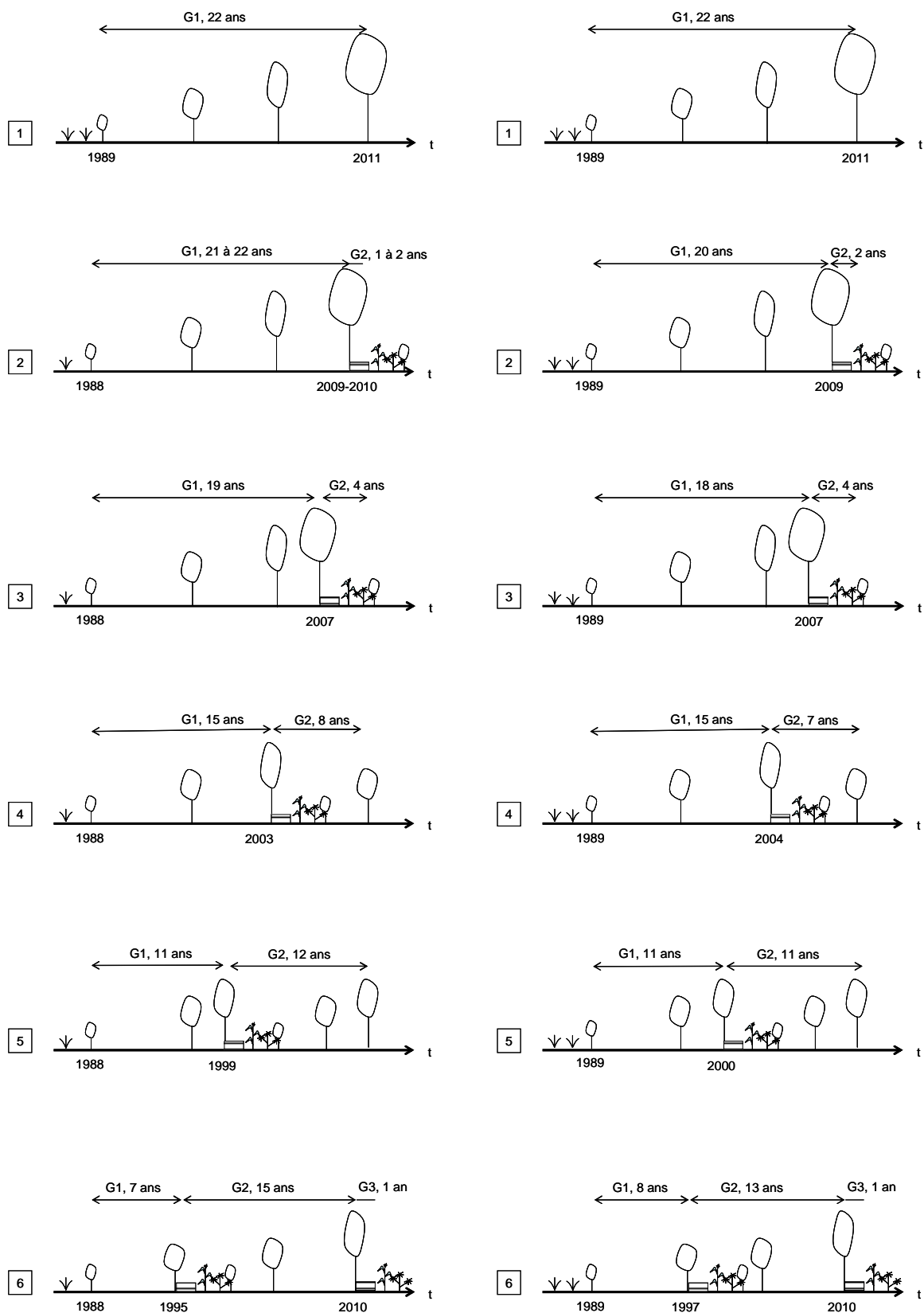
Parfois, le stade de végétation qui était observée sur le terrain au niveau d'un point de sondage ne correspondait pas au stade de végétation théorique : absence ou rareté d'*A. auriculiformis*, invasion de *Chromolaena odorata* (Photos 8, 11 et 14). Nous avons relevé ces particularités (Tab. 3) puisque *Chromolaena odorata* influence la fertilité du sol (Kammegne *et al.* 1999, Koutika *et al.* 2005).

Nous avons aussi prélevé à la tarière quatre échantillons composites sur des témoins par rapport au système agroforestier pratiqué à Mampu : deux échantillons sur des savanes (savane1, savane2) et deux échantillons sur des plantations d'*Eucalyptus camaldulensis* âgées de 22 ans : Eu1 (lot G7) et Eu2 (lot L5) (Fig. 3, Photos 15 et 16).

Finalement 40 échantillons de sol (2 fermes x 6 stades x 3 rép. + 2 témoins savanes + 2 témoins Eucalyptus) ont été envoyés mi-juin 2012 au laboratoire d'analyses du Cirad, Montpellier (Annexe 7), mais les résultats n'avaient pas été encore reçus lors de la rédaction de ce rapport.

b) Résultats

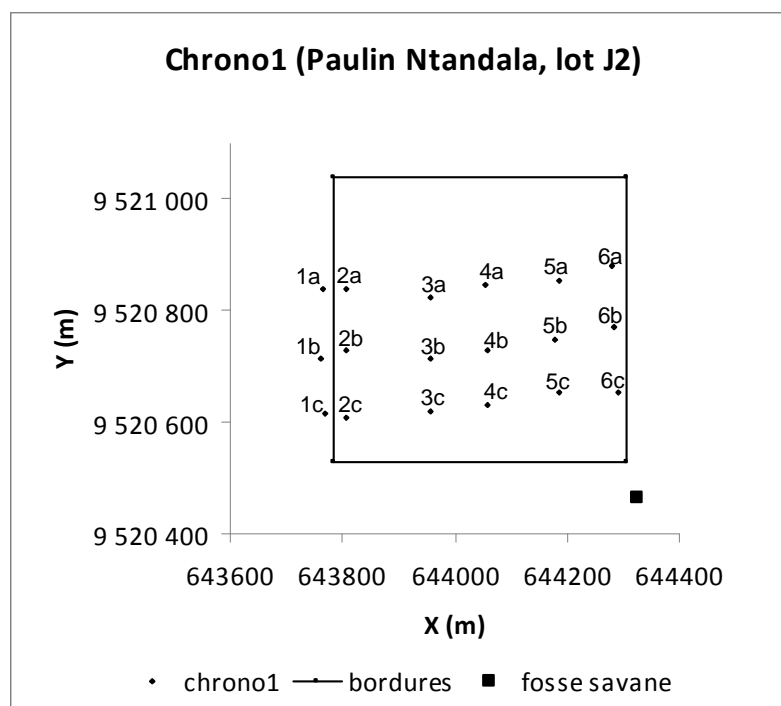
A suivre ... dans un chapitre d'ouvrage ou un article.



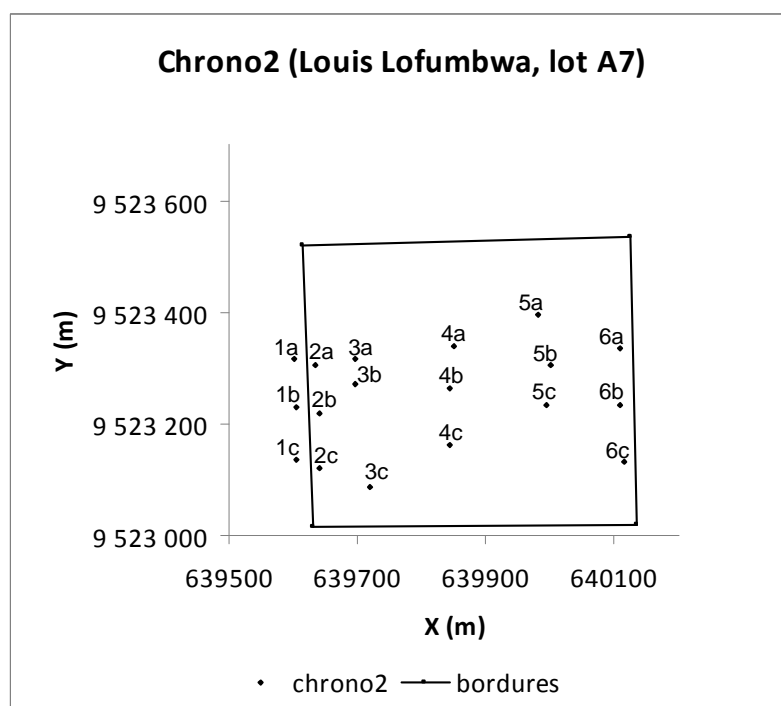
(a) Chronoséquence 1

(b) Chronoséquence 2

Fig. 6 : Histoire pour chaque chronoséquence des six stades étudiés dans cette étude



(a) Chronoséquence 1



(b) Chronoséquence 2

Figure 7 : Emplacement pour chaque chronoséquence des échantillons de sol.

Tableau 3 : Particularités de la végétation et du sol observées lors des sondages tarière qui peuvent influencer les analyses de sol

Id labo	Chrono	sondage	Parcelle	Particularité
1	Chrono1	1a	H2	
2		1b	H2	
3		1c	H2	
4		2a	J2	Coupée fin 2009 --> <i>A. auriculiformis</i> de 2 ans
5		2b	J2	Coupée fin 2010 --> <i>A. auriculiformis</i> de 1 an
6		2c	J2	Coupée fin 2010. Pas de régénération d' <i>A. auriculiformis</i> . Culture de maïs. Echec de la culture de manioc.
7		3a	J2	
8		3b	J2	Charbons de bois
9		3c	J2	
10		4a	J2	Charbons de bois
11		4b	J2	Charbons de bois. Mat racinaire d'1 cm d'épaisseur
12		4c	J2	Charbons de bois
13		5a	J2	Plantation coupée
14		5b	J2	Limite entre plantation en place et plantation coupée
15		5c	J2	
16		6a	J2	
17		6b	J2	
18		6c	J2	
19	Chrono2	1a	T7	Mat racinaire de 2 cm d'épaisseur
20		1b	T7	Mat racinaire de 2 cm d'épaisseur
21		1c	T7	
22		2a	A7	Charbons de bois. A proximité d'une meule
23		2b	A7	
24		2c	A7	
25		3a	A7	<i>A. auriculiformis</i> rare. Abondance de <i>Chromolaena odorata</i> , présence <i>A. mangium</i> . Charbons de bois. A proximité d'une meule.
26		3b	A7	<i>A. auriculiformis</i> rare
27		3c	A7	Charbons de bois
28		4a	A7	
29		4b	A7	Charbons de bois
30		4c	A7	Absence <i>A. auriculiformis</i>
31		5a	A7	
32		5b	A7	<i>A. auriculiformis</i> rare
33		5c	A7	<i>A. auriculiformis</i> rare
34		6a	A7	
35		6b	A7	
36		6c	A7	Charbons de bois

3.8. Etude diachronique

a) M&M

Pour étudier l'évolution temporelle de la fertilité des sols du système agroforestier, nous avons aussi pu effectuer une petite étude diachronique puisque Kasango (2005) avait prélevé en 2004, dans la ferme de Paulin Ntandala (lot J2), des échantillons de sol sur savane (Kin2) et à trois stades (Kin3, Kin4 et Kin5). Huit années après, nous avons prélevé à la tarière quatre échantillons de sol composite de surface [0-25 cm] en se remplaçant approximativement aux mêmes endroits. Ces 4 échantillons de sol ont été envoyés mi-juin 2012 au laboratoire d'analyses du Cirad, Montpellier (Annexe 7) mais les résultats n'avaient pas été encore reçus lors de la rédaction de ce rapport.

b) Résultats

A suivre ... dans un chapitre d'ouvrage

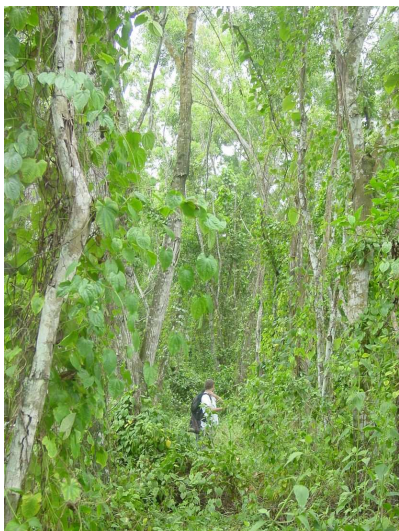


Photo 5 : Stade 1 de la chronoséquence (sondage chrono1_1a)

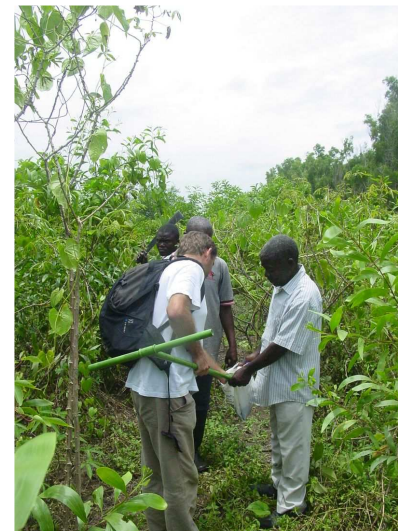


Photo 6 : Stade 2 de la chronoséquence (sondage chrono1_2b)



Photo 7 : Stade 1 (droite) et stade 2 (gauche) de la chronoséquence 1

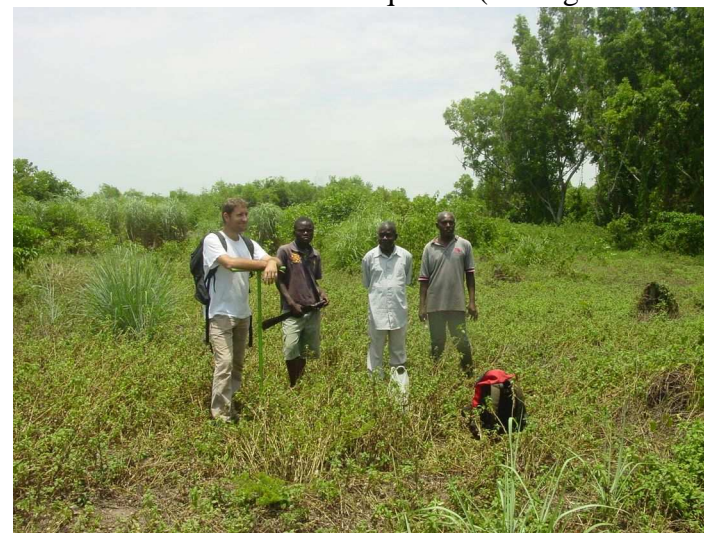


Photo 8 : Stade 2 particulier sans régénération d'*A. auriculiformis* (sondage chrono1_2c)

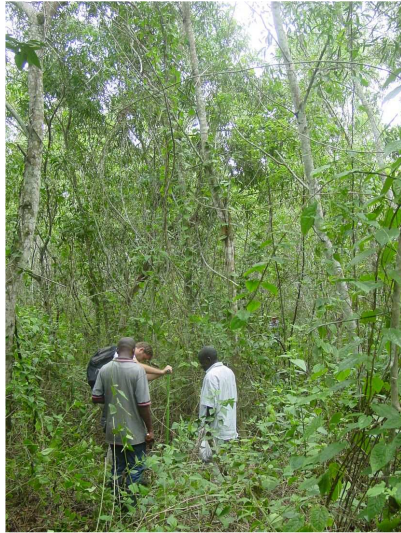


Photo 9 : Stade 3 de la chronoséquence (sondage chrono1_3c)

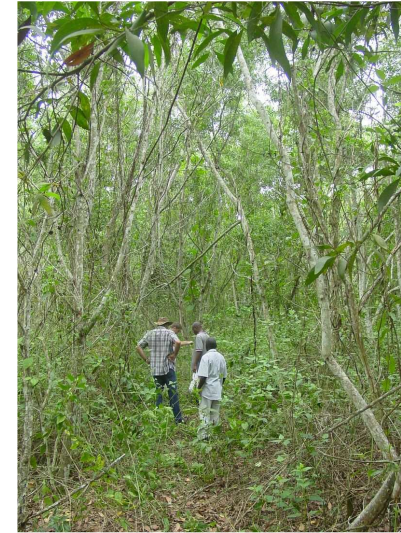


Photo 10 : Stade 4 de la chronoséquence (sondage chrono1_4a)



Photo 11 : Stade 3 particulier avec invasion de *Chromolaena odorata*
(sondage chrono2_3a)



Photo 12 : Stade 5 de la chronoséquence (sondage chrono1_5c)



Photo 13 : Stade 6 de la chronoséquence (sondage chrono1_6c)



Photo 14 : Stade 5 particulier avec *A. auriculiformis* rare
(sondage chrono2_5c)



Photo 15 : Témoin savane de la chronoséquence (sav1)



Photo 16 : Témoin Eucalyptus de la chronoséquence (Euc2)



Photo 17 : Equipe ayant réalisé la chronoséquence 1



Photo 19 : Equipe ayant ouvert la fosse

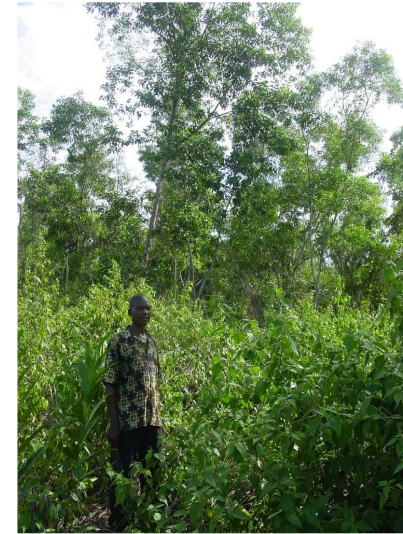


Photo 18 : Chronoséquence 2 étudiée dans la parcelle de L. Lofumbwa



Photo 20 : E. Dubiez et D. Batababudi Ndéké

4 – Connaissance locale des sols de Kinduala (Bas-Congo) pour appuyer la mise en place de plans simples de gestion

4.1. Introduction

Il est reconnu que les paysans ont une bonne connaissance locale de leurs sols et de leur utilisation pour l'agriculture. S'appuyer sur cette connaissance locale est important dans un projet de développement pour plusieurs raisons dont l'une est de constituer un bien meilleur point de départ pour communiquer entre les différents acteurs d'un projet (paysans, scientifiques, chercheurs) que l'utilisation d'une classification internationale des sols.

La connaissance locale des sols, étudiée au sein de l'ethnopedologie, une discipline hybride qui est située à l'interface entre les sciences naturelles et sociales, peut être abordée sous différents aspects (Barrera-Bassols & Zinck 2003, Niemeijer & Mazzucato 2003) (i) taxonomie locale des sols (ii) comparaison entre la taxonomie locale et la classification internationale (iii) théorie et concepts locaux de la qualité et fertilité des sols mais aussi des processus de formation et d'évolution d'un sol.

L'objectif de cette étude était alors de caractériser la connaissance locale des sols qu'ont les villageois de Kinduala (Bas-Congo, RDC) pour appuyer la mise en place de plans simples de gestion dans le cadre du projet Makala. Cette connaissance locale a été étudiée par deux approches : des réunions villageoises et des études de sol sur le terrain.

4.2. Site d'étude

Le village de Kinduala se situe dans la province du Bas-Congo, le district de Lukaya, à environ 10 km à l'est (rive droite) de la rivière Inkisi, et à 120 km au sud de Kinshasa, dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de la capitale.

La zone est caractérisée par un relief de collines et de petits plateaux d'une altitude de 630 m. Ce relief est entaillé par des rivières qui se trouvent vers 500 m d'altitude (Fig. 8, Photos 21 à 24).

D'après une esquisse géologique du Bas-Congo (Ladmirant 1971), la zone se trouve a priori sur deux principales formations géologiques :

- formation du soubassement, constituée de roches schisto-gréseuses du pré-cambrien de la série de Inkisi-Mpioka (schistes, grès, quartzites).
- formation de couverture, constituée de sables de recouvrement du plio-pléistocène.

D'après une carte pédologique au 1/1 000 000, les sols sont composés de ferrisols (sols minéraux argilo-sableux relativement jeunes en voie d'altération) et d'arenoferrals (formés à partir de la formation de couverture sableuse).

Le climat de la province du Bas-Congo est du type Aw4 suivant la classification de Köppen (Bulot 1954), c'est-à-dire un climat tropical humide, avec deux saisons : une saison sèche (mi-mai à mi-septembre) et une saison des pluies (mi-septembre à mi-mai). Les précipitations moyennes annuelles varient entre 900 (ouest de la province) et 1500mm (est de la province). La température moyenne est de 25°C.

Le couvert végétal de la zone d'étude est constitué de savanes (formations herbeuses et arbustives – ex. *Hymenocardia acida* - guinéo-congolaise), de cultures, et d'espaces relictuels forestiers. Ces espaces forestiers sont caractérisés par des sites d'anciens villages conservés (Voka), par des jachères forestières mises en défens (Nkunku) et par des forêts en bord de rivière.

Lors de ces dernières années, une profonde modification du paysage et une quasi disparition des espaces forestiers naturels se sont produites à cause de plusieurs facteurs : densité de population importante, forte pression sur les terres pour occuper les terres les plus productives et produire du charbon de bois, valorisation maximale de l'espace (bas fonds, savane, zone de

défriche ...), optimisation des systèmes de production agricole (billons), réduction des temps de jachères (2 à 3 ans). La proximité de la ville de Kisantu augmente cette dynamique. La population du village de Kinduala fait partie du groupe ethnolinguistique des Batandu. Elle est regroupée en clans, un clan étant composé de frères qui descendent d'une même mère. La transmission est matrilineaire, différents lignages correspondant aux branches descendantes de la même mère. La propriété du sol est collective et appartient à la fois aux vivants et aux morts du clan. A Kinduala, il existe trois lignages, le terroir étant divisé entre ces lignages.

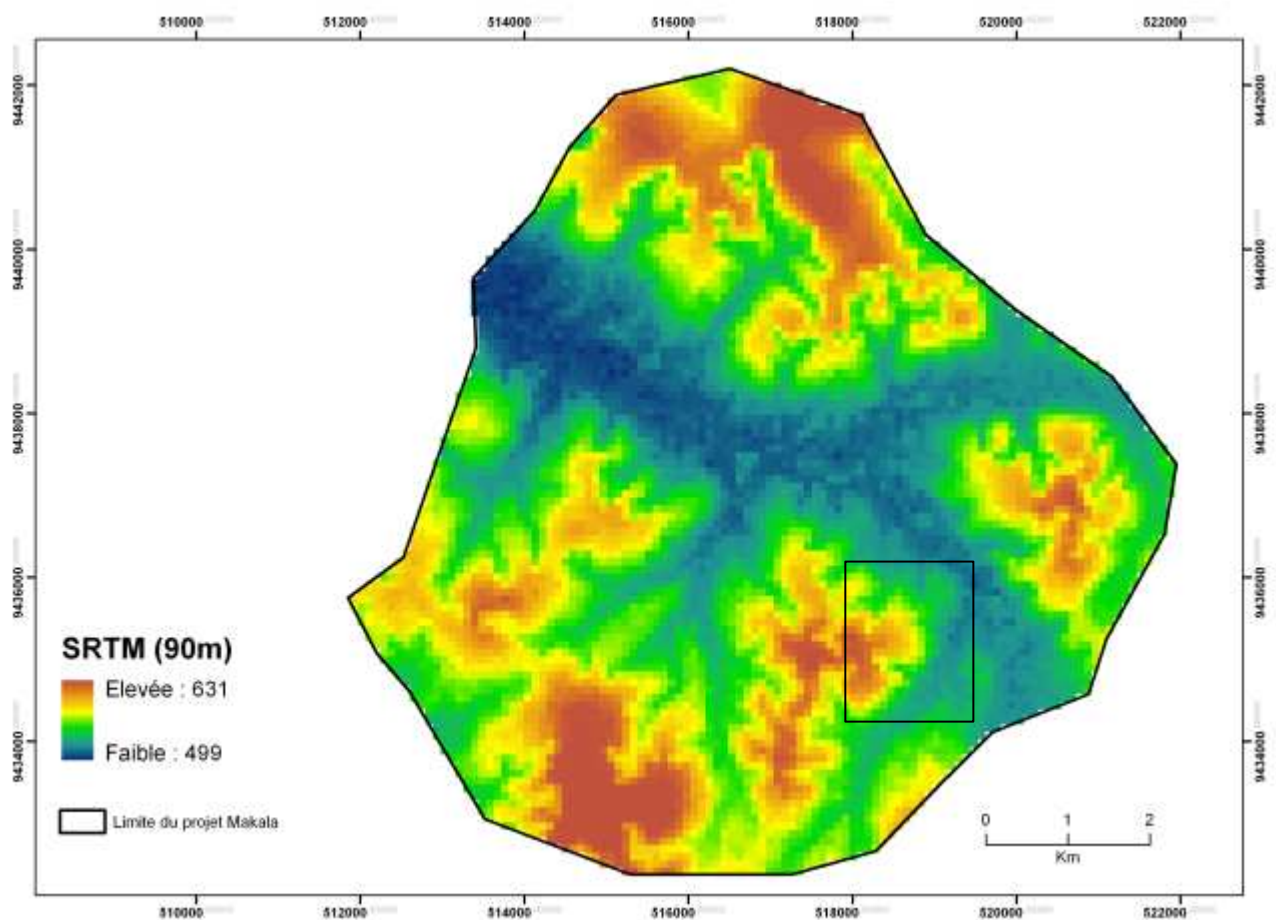


Figure 8 : Limite du projet Makala au Bas-Congo.
Le rectangle noir délimite la zone d'étude des sols autour de Kinduala



Photo 21 : Paysage général du terroir de Kinduala vue d'une hauteur



Photo 22 : Paysage général du terroir de Kinduala vu d'un bas-fond



Photo 23 : Cirque d'érosion en « miniature » raccordant le plateau au bas de versant



Photo 24 : Pente localement forte (40%)

4.3. Réunions villageoises

a) M&M

Nous avons effectué deux réunions villageoises :

- La première réunion a été effectuée le jour de notre arrivée au village avec des membres de la lignée 1 du village. Seulement des hommes étaient présents. Nous avons centré nos questions sur la taxonomie locale des sols, leur répartition dans le terroir, la qualité de ces sols et les cultures associées.
- La deuxième réunion a été effectuée trois jours après notre arrivée au village (et après 2 jours de terrain) avec des membres de la lignée 2 du village. Des hommes et des femmes étaient présents. Nous avons centré nos questions sur la taxonomie locale des sols, la qualité de ces sols, et leur processus de formation et d'évolution. Suite à leur demande, nous avons aussi donné notre vision de la formation d'un sol.

b) Résultats

Taxonomie locale des sols

Quatre grands types de sol sont distingués par les villageois : *kanga*, *kibuma*, *kiniengi* et *nzielo*. Ils les décrivent de la façon suivante :

Kanga est un sol dur à travailler, surtout en saison sèche. Il colle en saison des pluies. Sa couleur est jaune (couleur brique) ou rouge.

Kibuma est un sol noir constitué de « petites boules un peu dures ». Sont distingués deux sous-types :

- le *kibuma* des anciens villages, une terre légère et facile à travailler à la fois en saison sèche et en saison des pluies. Il colle un peu en saison des pluies.
- Le *kibuma* des bas-fonds difficile à travailler et collant en saison des pluies, et se fissurant en saison sèche.

Kiniengi est un sol léger, qui « ressemble au sable », est très facile à labourer, et ne colle pas à la houe. Il peut être de couleur blanc ou bien noir-chocolat. C'est un sol de « mélange, un peu de *nzielo*, un peu de *kibuma* ».

Nzielo est un sol sableux. Il est de couleur beige sur les plateaux (Photo 25) ou de couleur blanche dans les bas-fonds (Photo 26).

Remarque : *kanga*, *kibuma* et *kiniengi* sont des mots utilisés dans la langue kikongo. Ils se traduisent en français par :

- *kanga* : « argile », « lieu stérile », « désert ».
- *kibuma* : « fertilité »
- *kiniengi* : « terre sablonneuse »

Nous n'avons pas trouvé le mot *nzielo*, ni dans la langue kikongo, ni dans la langue lingala.

Les villageois ont précisé que certains de ces quatre grands types de sols peuvent se superposer. Par exemple, on peut trouver un *kiniengi* sur *kibuma* sur *kanga*.

Répartition spatiale des sols

Pour les villageois, les sols se répartissent suivant la position topographique. Sur un transect qui suit la piste de la rivière Geba au plateau, ils décrivent les successions de sols suivantes : *kibuma* de bas-fonds → *nzielo* de bas-fonds blanc → *kanga* → *kibuma* (au niveau du village) → *kiniengi* → *nzielo* de plateau.

Relations entre cultures, types de sols et les saisons

A la question « Sur quels types de sol cultivez-vous l'arachide, le haricot, etc. ? », les villageois des lignées 1 et 2 n'ont pas répondu de la même façon (Tab. 4). Par exemple, les villageois de la lignée 1 cultivent le niébé uniquement sur *kibuma* et *kiniengi* alors que ceux de la lignée 2 le cultivent sur tous les sols. Ou bien, sur *nzielo*, les villageois de la lignée 1 cultivent uniquement le manioc alors que les villageois de la lignée 2 cultivent pratiquement toutes les cultures. Nous n'avons pas eu le temps de chercher d'où proviennent ces différences de réponses.

Quoi qu'il en soit, on retrouve de grandes tendances :

- le manioc est cultivé sur tous les sols alors que la patate douce n'est cultivée que sur *kanga* et *kibuma*.
- sur *kibuma*, toutes les cultures sont cultivées, alors que sur *kanga*, seulement quelques cultures sont cultivées.

Notons aussi que les villageois cultivent durant la saison sèche dans les bas-fonds, alors qu'en saison des pluies, ils cultivent hors des bas-fonds.

Processus de formation et d'évolution des sols

Des villageois croient que « Dieu a créé la Terre ».

Les villageois constatent que le sol évolue sous l'influence de l'Homme ou de l'eau :

- un *kibuma* beaucoup cultivé se transforme en *nzielo* (mais *nzielo* se trouve depuis toujours sur les plateaux)
- un *kanga* suite à des travaux agricoles est devenu *kiniengi*
- couper la forêt fait changer la terre. Le *kibuma* devient léger, moins brun.
- quand il pleut, l'eau emporte le sable (*nzielo*) et le dépose sur le sol en place (*kibuma*) qui se trouve en aval. On observe alors *nzielo* sur *kibuma*.
- Si la savane est en place et non travaillée pendant 5 à 10 ans, la terre jaune devient noire surtout si on ne brûle pas la savane.

Plus généralement, les villageois constatent que leur environnement change, des changements que nous pouvons rattacher à des processus d'évolution des sols :

- Quand il pleut beaucoup, l'eau des rivières devient jaune
- En 2001, la piste était au même niveau que les champs. Aujourd'hui elle se trouve en dessous des champs (Photo 31)
- Avant, l'eau coulait dans des ruisseaux au fond des vallons. Aujourd'hui, ces ruisseaux sont à sec.
- Avant, un pied de manioc produisait 10 tubercules gros et longs. Aujourd'hui un pied de manioc produit 1 tubercule petit et moins long. La cause ? « La terre manque de vitamines, de fumier ».

Tableau 4 : Relations entre les cultures et les sols

Lignée 1	Kanga	Kibuma	Kiniengi	Nzielo
Arachide		+	+	
Haricot-Madéssou		+	+	
Maïs		+	+	
Manioc	+	+	+	+
Niébé		+	+	
Patate douce	+	+		
Tomate		+	+	

Lignée 2	Kanga	Kibuma	Kiniengi	Nzielo
Arachide		+	+	+
Haricot-Madéssou		+	+	+
Maïs		+	+	+
Manioc	+	+	+	+
Niébé	+	+	+	+
Patate douce	+	+		
Tomate	+	+	+	+

4.4. Aperçu des sols

a) M&M

Nous sommes allés découvrir sur le terrain les quatre grands types de sols qui avaient été identifiés lors de la 1^{ère} réunion villageoise. Nous avons été guidés par Alphonse Nzinga, un villageois de la 1^{ère} lignée, désigné par les autres villageois comme celui qui connaît le mieux les sols du terroir. Finalement, nous avons réalisé sept sondages tarière qui nous ont permis de confronter avec la réalité du terrain la taxonomie locale des sols, en caractérisant leur texture et leur couleur.

b) Résultats (Tab. 5)

Cet aperçu des grands types de sols nous a permis de retrouver une bonne correspondance entre la taxonomie locale et les caractéristiques des sols observées sur le terrain pour :

- « vrai » *kanga* (s25) : sol argileux, de couleur brun-jaune
- *kibuma* des bas-fonds : sol argileux, de couleur typique d'un gley, avec des « petites boules un peu dures » qui correspondent à des agrégats.
- *kiniengi* blanc : sol sableux d'une terrasse alluviale
- *nzielo* : sol sableux typique du plateau.

Par contre, cet aperçu des sols ne nous a pas permis de distinguer nettement le *kibuma* d'un ancien village, du *kiniengi* « noir-chocolat » et de l'association *kiniengi-kanga*. Ces sols paraissent en effet assez similaires.

Nous avons aussi observé :

- des rigoles d'érosion au niveau du vrai *kanga* (s25)
- une termitière cathédrale très dure constituée de *kanga* sur une association *kiniengi-kanga* (Photo 27).

c) Discussion

Les 4 grands types de sols ont été identifiés plus ou moins facilement sur le terrain. Les autres études (transects, fosse) permettront de préciser ce point.

La présence d'une association de sols *kiniengi* sur *kanga* suggère que les sols identifiés par les villageois correspondent en fait à des horizons. Comme les villageois, par leur pratiques culturales (billons), observent généralement les 30 premiers cm du sol, *kanga*, *kibuma*, *kiniengi* et *nzielo* correspondraient alors à différents types d'horizons que les villageois trouvent jusqu'à 30 cm de profondeur.

Tableau 5 : Aperçu des sols de Kinduala (synthèse des sondages tarière)

Id sondage	Type de sol	Sous-type	Altitude GPS	Position topo	Unité de Paysage	Texture		Couleur Munsell 0-10 cm
						0-10 cm	80-100 cm	
s21	<i>Kibuma</i>	Bas-fonds	515	Berge de la rivière Geba		AS	-	Gley1 3/N (very dark gray)
s22	<i>Kiniengi</i>	blanc	522	Terrasse alluviale	Savane herbeuse	S	S(A)	10YR6/1 (gray)
s23	<i>Kiniengi-Kanga</i>		524	Versant	Ancien jardin de case d'une maison	S	A(S)	2.5Y5/3 (light olive brown)
s24	<i>Kibuma</i>	Ancien village	523	Versant	Voka	S	A(S)	10YR4/1 (dark gray)
s25	<i>Kanga</i>		541	Versant	Savane arbustive	A(S)	A	10YR5/4 (yellowish brown)
s26	<i>Kiniengi</i>	Noir-chocolat	531	Versant	Culture	SA	A(S)	2.5Y4/3 (olive brown)
s27	<i>Nziélo</i>		597	Plateau	Culture	S	S	10YR3/2 (very dark grayish brown)





Photo 25 : *nzielo* gris très sombre de plateau (T1/3)



Photo 26 : *nzielo* blanc de bas-fonds (T3/4)



Photo 27 : Termitière dans un *kiniengi* révélant la présence du *kanga* en profondeur (T2/4). On notera les billons parallèles à la pente.



Photo 28 : Le *kanga* (brun jaune) apparaît à la surface d'un kibuma (brun gris sombre) révélant sa présence à faible profondeur (T1/6)



Photo 29 : Equipe ayant parcouru les transects du terroir de la lignée 1



Photo 30 : Equipe ayant parcouru le transect du terroir de la lignée 2



Photo 31 : piste creusée, 2 m en-dessous des champs avoisinants

4.5. Etude de transects

a) M&M

Nous avons étudié les grands types de sols en parcourant respectivement quatre transects, trois au sein du terroir de la lignée 1 et un au sein du terroir de la lignée 2 (Fig. 9, Annexe 4). Les deux équipes n'étaient pas identiques (Photos 29 et 30). L'objectif de ce protocole était de répéter l'observation des grands types de sol afin de comprendre leur répartition spatiale et leurs relations. Chaque transect partait en général d'un point haut du modelé pour aller vers un point bas du modelé (rivière) en suivant si possible la ligne de plus grande pente. Nous avons finalement réalisé 36 arrêts au cours desquels nous avons noté la position géographique, le type de sol, la position topographique, la pente et le type de végétation. A chaque arrêt, nous avons aussi prélevé systématiquement un échantillon de sol de surface [0-20 cm] avec une tarière, en vue d'analyses physico-chimiques qui permettront de comparer la perception locale de la qualité/fertilité d'un sol avec des analyses quantitatives. Finalement, nous avons envoyé mi-juin, 25 échantillons de sol au laboratoire d'analyses du Cirad, Montpellier (Annexe 7). Les résultats n'avaient pas été encore reçus lors de la rédaction de ce rapport.

b) Résultats

Une description des relevés se trouvent en Annexe 5.

Distinction des sols suivant leur couleur

A l'exception d'un *kibuma* de bas-fonds, tous les sols de la zone d'étude ont en surface [0-20 cm] la même teinte de base (Hue = 10YR).

Même si seulement 3 échantillons ont été échantillonnés en bas-fonds, on distingue nettement le *nzielo* blanc (10YR6/1) du *kibuma* et du *kiniengi* très sombre (10YR2/1, Gley1 2.5/N).

En-dehors des bas-fonds, chaque type de sol présente des couleurs plus ou moins variables (Tab. 5) :

- *kanga* est en majorité brun-jaune
- *kibuma* présente la plus grande gamme de couleur allant de brun jaune à brun puis brun très sombre ou gris très sombre.
- *kiniengi* est brun gris très sombre ou gris très sombre
- *nzielo* est brun gris très sombre.

Finalement, la couleur permet de distinguer facilement *kanga* des autres types de sol. Par contre, ce critère ne suffit pas pour distinguer les autres sols entre eux.

Distinction des sols suivant leur caractéristiques physico-chimiques

A suivre ... dans un chapitre d'ouvrage ou un article.

Répartition des sols suivant la topographie

La répartition des types de sol dépend en partie de la topographie (Tab. 7), plus précisément :

- *kanga* est présent à mi-versant et en bas de versant
- *kibuma* et *kiniengi* sont présents du haut de versant au bas-fond
- *nzielo* est présent sur plateau et dans les bas-fonds

Répartition des sols suivant la pente

Les sols se répartissent aussi suivant la pente (Fig. 10) :

- *kanga* est présent sur les pentes les plus fortes, comprises entre 20 et 30%
- *kibuma* est présent sur les pentes faibles et moyennes, comprises entre 2 et 20%
- *kiniengi* est présent de préférence sur des pentes faibles < 10%
- *nzielo* est présent sur des pentes faibles < 4%, que ce soit sur plateau ou en bas-fonds.

Associations des sols

En plus des 4 types de sols, les villageois ont nommé des associations de sols (Tab. 7).

Toutes les combinaisons possibles de ces associations de sols ne sont pas observées (Tab. 8) :

- *kanga* ne recouvre jamais un autre sol
- *kibuma* ne recouvre que *kanga* et est recouvert par *kiniengi* ou *nzielo*

c) Discussion

L'étude des transects et la combinaison des sols nous donnent des pistes sur la nature des horizons :

- *kanga*, de texture argileuse, serait un horizon typiquement de profondeur, que l'on retrouve à la surface sur les pentes les plus fortes, certainement à cause de processus d'érosion de l'horizon supérieur initial (*kibuma*).
- *kibuma*, de texture argilo-sableuse et à structure agrégative, serait le témoin de l'horizon de surface d'un sol forestier. Il est encore présent sur les pentes moyennes à faibles, les moins sujettes à l'érosion. Il peut être recouvert d'un horizon plus sableux (*kiniengi*, *nziélo*).
- *kiniengi*, de texture sablo-argileuse, est un horizon typiquement de surface qui se retrouve sur toutes les positions topographiques. On peut supposer que cet horizon a un lien avec la culture en billons qui est pratiquée par les villageois de Kinduala.
- *nziélo*, de texture sableuse, est un horizon de surface typique des plateaux.

L'étude d'une fosse va préciser la nature de ces horizons et leurs liens.

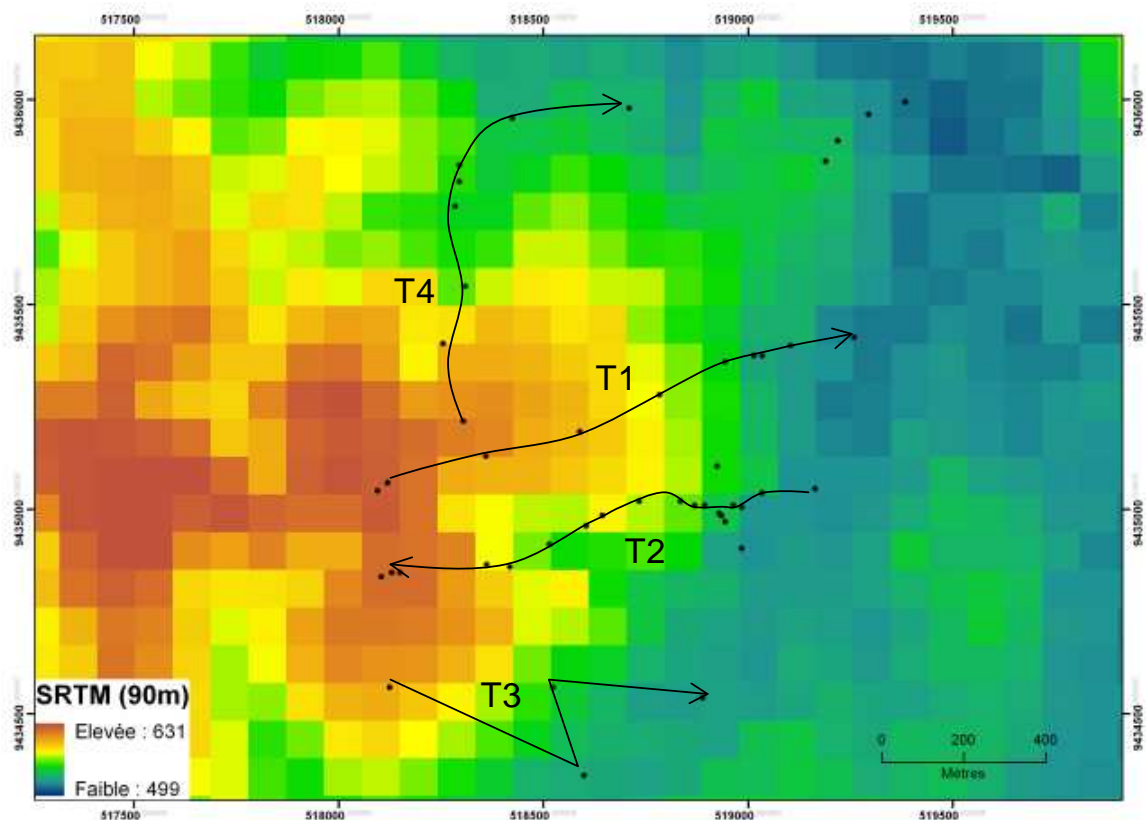


Figure 9 : Localisation des transects d'étude des sols sur une image SRTM
La localisation précise des points de sondage est informée dans l'Annexe 4.

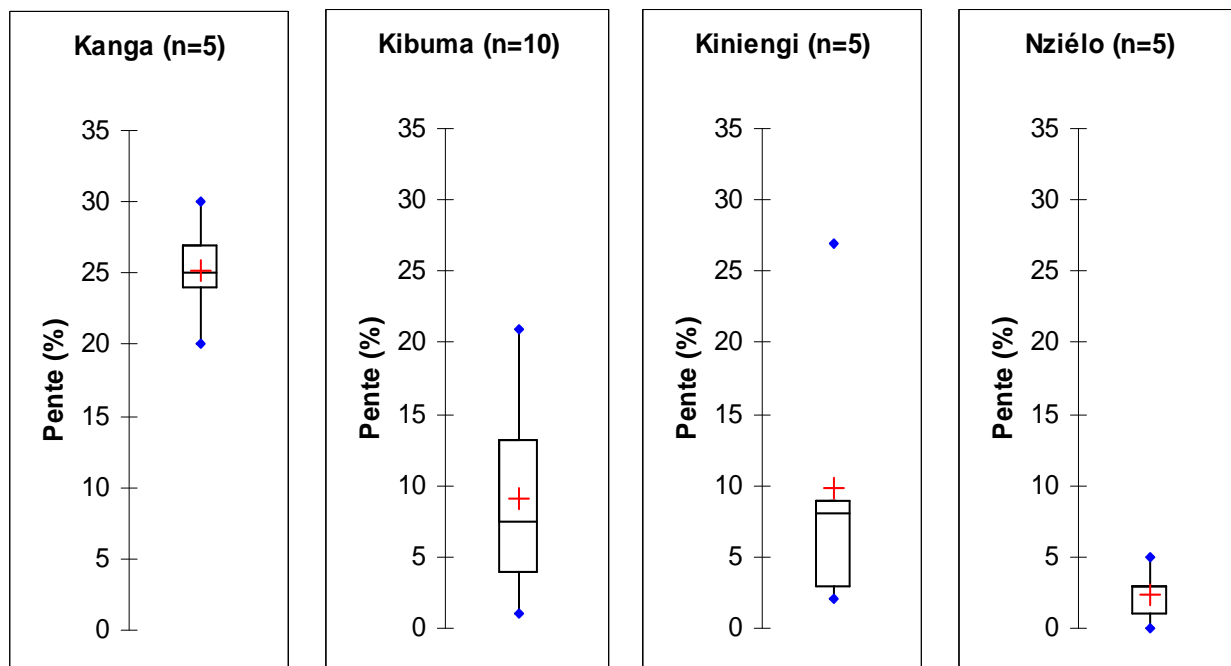


Figure 10 : Répartition des sols en fonction de la pente

Tableau 6 : Distinction des sols (hors bas-fonds) suivant leur couleur
 Une case représente un code couleur dans la teinte 10YR. Les chiffres représentent des effectifs (ex. parmi les 5 *kanga* prélevés, 3 ont une couleur de 10YR5/6)

10YR	KANGA (n=5)						
Value	8/						
	7/						
	6/						
	5/				1	3	
	4/			1			
	3/						
	2/						
		/1	/2	/3	/4	/6	/8
Chroma							

10YR	KIBUMA (n=9)						
Value	8/						
	7/						
	6/						
	5/				1		
	4/			2			
	3/	2	1	1			
	2/		2				
		/1	/2	/3	/4	/6	/8
Chroma							

10YR	KINIENGI (n=4)						
Value	8/						
	7/						
	6/						
	5/						
	4/						
	3/	2	2				
	2/						
		/1	/2	/3	/4	/6	/8
Chroma							

10YR	NZIELO (n=4)						
Value	8/						
	7/						
	6/						
	5/						
	4/						
	3/		4				
	2/						
		/1	/2	/3	/4	/6	/8
Chroma							

Tableau 7 : Répartition des sols en fonction de la topographie

Type de sol	Position topographique					Total
	Bas-fond	Bas versant	Mi-versant	Haut versant	Plateau	
Kanga		1	4			5
Kibuma	1	6	2	1		10
Kibuma-Kanga		3				3
Kiniengi	1	1	1	2		5
Kiniengi-Kanga			3			3
Kiniengi-Kibuma			1			1
Kiniengi-Nzielo					1	1
Nziélo	1				4	5
Nzielo-Kibuma	1	1				2
Nziélo-Kiniengi				1		1
Total	4	12	11	4	5	36

Tableau 8 : Combinaisons d'horizons trouvées le long des 4 transects

	... au dessus de ...	Horizon inférieur			
		Kanga	Kibuma	Kiniengi	Nziélo
Horizon supérieur	Kanga	-			
	Kibuma	3	-		
	Kiniengi	3	1	-	1
	Nziélo		2	1	-

4.6. Etude d'un profil de sol *kibuma*

a) M&M

Nous avons ouvert une fosse pédologique jusqu'à 1m40 de profondeur sur le type de sol *kibuma* (sol ainsi nommé par A. Nzinga après son observation en surface), le sol a priori le plus représenté au sein du terroir. Cette fosse a été ouverte dans une jeune jachère (< 6 ans) qui a suivi d'anciennes cultures installées sur des billons parallèles à la pente. Nous avons décrit un profil qui était perpendiculaire à la pente, à la ligne d'un billon et d'un inter-billon. Nous avons prélevé cinq échantillons de sols en vue d'analyses physico-chimiques qui permettront d'affiner notre perception des processus d'évolution des sols du terroir de Kinduala. Nous avons envoyé mi-juin, les 5 échantillons de sol au laboratoire d'analyses du Cirad, Montpellier (Annexe 7) mais les résultats n'avaient pas été encore reçus lors de la rédaction de ce rapport.

L'idéal aurait été d'ouvrir une fosse pédologique pour les trois autres types de sol (*kanga*, *kiniengi* et *nzielo*). Par manque de temps, nous n'avons pas pu le faire. Par contre, nous avons recueilli des échantillons de sols à quatre profondeurs ([0-10 cm], [10-20 cm], [20-40 cm] et [80-100 cm]) pour chacun de ces trois types de sol.

b) Résultats

Ce profil est décrit précisément en Annexe 6 et rappelé dans la Figure 11.

Nous avons décomposé ce profil en 5 horizons. Alphonse Nzinga a reconnu pour 4 de ces 5 horizons des sols typiques de la taxonomie locale :

- *Kiniengi* : Horizon 1 : texture sableuse, couleur claire (2.5YR5/3 brun olive clair), correspondant au billon et à l'inter-billon.
- *Kibuma* : Horizons 2 et 3 : texture sablo-argileuse à argilo-sableux, couleur la plus sombre (10YR4/3 brun à 10YR4/4 brun jaune sombre)
- *Kanga* : Horizon 5 : texture argilo (sablo-limoneuse), couleur la plus rouge (7.5YR5/8 : brun fort).

Cette reconnaissance l'a conduit à renommer ce sol *kiniengi-kibuma-kanga*.

L'horizon 1 (*kiniengi*) est marqué par la pratique de la culture en billons. Il correspond en effet à la terre qui a été enlevée à certains endroits (inter-billons) pour être accumulée à d'autres endroits sur des buttes de terre (billons). L'épaisseur de cet horizon varie entre 3 cm (inter-billon) et 20 cm (billon). L'épaisseur maximale de cet horizon est plus faible que celle des billons « actifs » (ceux supportant actuellement des cultures), comme si cet horizon avait « fondu », perdu de la matière, diminué de volume.

L'horizon 2 (*kibuma*) est typique de l'horizon de surface d'un sol forestier de climat tropical humide (ferralsols) : sol brun à structure polyédrique et grumeleuse. Par contre, il est aussi marqué par la pratique de la culture en billons, puisque sous l'inter-billon, où l'horizon *kiniengi* a une épaisseur inférieure à 5 cm, nous avons observé sur la partie supérieure du *kibuma* un sol très compact, comme si l'argile qu'il contenait avait « cuit » au soleil. Cet horizon compact peu perméable favorise certainement le ruissellement au cours des fortes pluies.



Figure11 : profil (*Kiniengi*)-*Kibuma*-(*Kanga*) de Kinduala (Bas-Congo, RDC).

4.7. Synthèse

Les différentes approches abordées lors du terrain à Kinduala nous permettent de dresser la synthèse suivante.

Les villageois de Kinduala nomment localement quatre grands types de sol : *kanga*, *kibuma*, *kiniengi* et *nzielo*. Les critères utilisés pour distinguer ces sols sont essentiellement la couleur et la texture et leur facilité à être travaillé en saison sèche ou en saison des pluies. Les deux premiers critères sont classiquement utilisés localement (Barrera-Bassols & Zinck 2003) au contraire du 3^{ème} critère.

Ces sols correspondent aux horizons qui sont observés principalement dans les 20 premiers centimètres, la profondeur de la terre travaillée à la houe pour la culture sur billons. On peut trouver dans ces 20 premiers centimètres un seul horizon (→ quatre types de sols) ou bien deux horizons, ce qui conduit les villageois à décrire aussi des associations de sols (ex. *kiniengi-kibuma*).

La reconnaissance des différents sols sur le terrain par des villageois « référents » est claire pour *kanga* et *nzielo*. Par contre, la distinction entre *kibuma* et *kiniengi* n'est pas toujours très claire, à cause certainement de la caractéristique principale du *kiniengi* « sol de mélange, un peu de *kibuma*, un peu de *nzielo* ».

Les résultats d'analyses de sol permettront de comparer la connaissance locale des sols avec leurs caractéristiques physico-chimiques mesurées au laboratoire.

Les villageois sont conscients que les sols de leur terroir évoluent négativement avec le temps sous l'influence de l'homme (coupe de la forêt et mise en culture) et de l'eau. Des conséquences sont déjà visibles : baisse des rendements des cultures, tarissement des sources au fond des vallons, ...

L'étude d'un profil nous a permis de préciser cette évolution et la filiation entre les différents horizons, sous la forme de 3 stades (Fig. 12) :

- (i) Le *kibuma* correspond à l'horizon de surface typique d'un sol d'une forêt tropicale humide. Il peut être considéré comme un horizon « témoin » de la présence d'une ancienne forêt. On le trouve sous sa forme « originelle » dans quelques îlots forestiers (Voka).
- (ii) Le *kibuma* se transforme sur sa partie supérieure en *nzielo* ou *kiniengi* sous l'effet de pratiques agricoles (culture en billons, sol nu, brûlis, ...) qui favorisent l'érosion des sols, avec une perte des matières les plus fines (argile) et, en parallèle, un enrichissement relatif en sable. Il s'amincit alors par le haut. Yemefack *et al.* (2004) avaient décrit ce processus global de « désargilisation » au Cameroun tandis que Certini (2005) et Are *et al.* (2009) ont montré plus spécifiquement l'impact du feu sur ce processus.
- (iii) Au cours des cycles cultures-jachères courtes, cet horizon *kibuma* continue à s'amincir jusqu'à disparaître totalement. L'horizon qui lui est inférieur, le *kanga*, apparaît alors à la surface du sol. Ce 3^{ème} stade est le stade le plus avancé du processus d'érosion des sols. On le rencontre dans les pentes les plus fortes du terroir, au sein desquelles on peut observer des rigoles d'érosion.

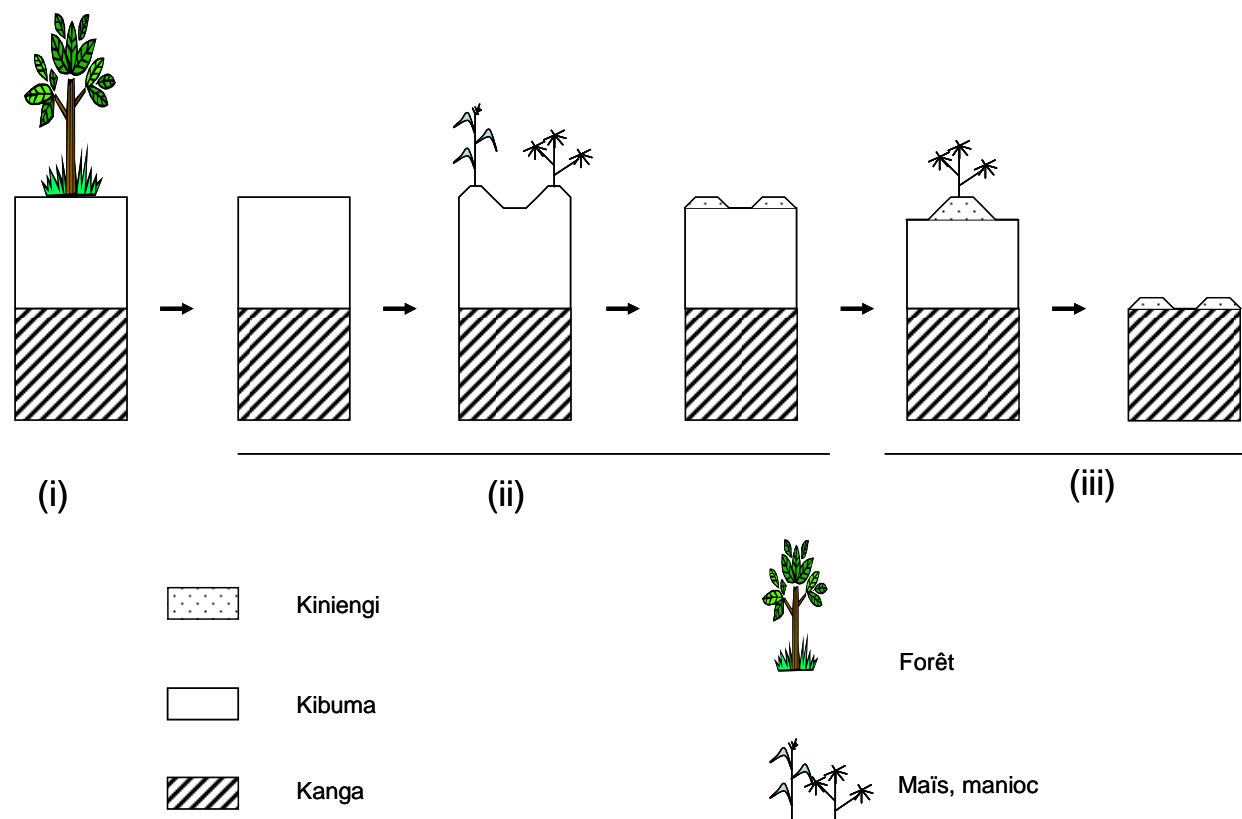


Figure 12 : Schéma illustrant le processus d'évolution des sols

4.8 Conclusion

Cette étude de la connaissance locale des sols nous a permis d'avoir eu très rapidement une bonne compréhension de la répartition des sols du terroir de Kinduala, de leurs filiations et finalement de soulever un problème d' « érosion invisible » que l'on retrouve dans beaucoup de villages de la zone d'étude.

Les sols du terroir de Kinduala évoluent sous l'action de l'Homme et de pratiques culturelles (disparition presque complète de la forêt, diminution du temps de jachère, cultures en billons parallèles à la pente, sols nus, brûlis, ...) qui sont responsables d'une baisse de leur fertilité et d'une augmentation de l'érosion.

Des solutions existent pour restaurer cette fertilité, améliorer la productivité tout en atténuant l'érosion (Roose 2012) : cultures associées, jachère améliorée (Peltier & Ballé-Pity 1993, Kang *et al.* 1997, Louppe *et al.* 1998, Kangmegne *et al.* 1999, Ambassa-Kissi & Babalola 2000, Lesueur *et al.* 2000, Salako *et al.* 2001, Mulamba 2012), association arbres-cultures (système taungya, ...), amendement en charbons de bois (Glaser *et al.* 2001, 2002, Topoliantz *et al.* 2005), association cultures-élevage, couverture du sol, billons perpendiculaires à la pente, ...

L'appui d'un agronome ou d'un agroforestier, ayant une bonne expérience de ces pratiques, semble indispensable pour proposer et mettre en application ces solutions. C'est dans cette optique que le projet Makala accompagne les lignages du village de Kinduala pour l'élaboration d'un plan simple de gestion prenant en compte la gestion de la ressource bois énergie par la mise en place de plantations d'*Acacia auriculiformis* en association avec les cultures et par la reconstitution d'espaces forestiers naturels. La prise de conscience de la disparition du couvert forestier, de la diminution de la fertilité des sols et de la baisse de productivité des cultures conduit les habitants des villages cibles à s'impliquer dans les activités de boisement / reboisement.

S'appuyer sur la connaissance locale des sols semble aussi indispensable pour que les villageois prennent conscience des problèmes d'érosion et s'approprient les pratiques pour restaurer la fertilité des sols et intensifier écologiquement leur production agricole. Cette connaissance permet également de compléter l'approche de découpage des terroirs villageois pour la mise en place d'un aménagement cohérent en fonction des réalités sociales, environnementales et économiques des habitants.

Bibliographie

- Ambassa-Kiki, R. & Babalola, O. (2000). Jachères améliorées et restauration de la fertilité d'un sol ferrallitique du Cameroun central. In *La jachère en Afrique tropicale* (eds Floret C. & R. Pontanier), pp. 587-593. John Libbey Eurotext, Paris.
- Are, K.S., Oluwatosin, G.A., Adeyolanu, O.D., & Oke, A.O. (2009) Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: Soil physical properties. *Soil & Tillage Research*, 103, 4-10.
- Barrera-Bassols, N. & Zinck, J.A. (2003) Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, 111, 171-195.
- Bisiaux, F., Peltier, R., & Mulieli, J.C. (2009) Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux Batéké, Mampu, en République démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, **301**, 21-32.
- Boissezon de, P. (1965) Les sols de savane des plateaux Batéké. *Cah. ORSTOM, série Pédol.*, **III**, 291-298.
- Certini, G. (2005) Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143, 1-10.
- Feller, C., Fritsch, E., Poss, R., & Valentin, C. (1991) Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XXVI, 25-36.
- Ferry, B. (1994) Les humus forestiers des Ghats occidentaux en Inde du Sud. Facteurs climatiques, édaphiques et biologiques intervenant dans le stockage de la matière organique du sol Institut français de Pondichéry.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001) The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88, 37-41.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002) Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 219-230.
- Imo, M. (2009) Interactions amongst trees and crops in taungya systems of western Kenya. *Agroforestry Systems*, **76**, 265-273.
- IUSS Working Group WRB (2006) *World reference base for soil resources 2006*, 2nd edition edn. FAO, Rome.
- Kalame, F.B., Aicloo, R., Nkem, J., Ajayie, O.C., Kanninen, M., Luukkanen, O., & Idinoba, M. (2011) Modified taungya system in Ghana: a win-win practice for forestry and adaptation to climate change? *Environmental Science & Policy*, **14**, 519-530.
- Kang, B.T., Salako, F.K., Akobundu, I.O., Pleysier, J.L., & Chianu, J.N. (1997) Amelioration of a degraded Oxic Paleustalf by leguminous and natural fallows. *Soil Use and Management*, 13, 130-135.

- Kanmegne, J., Duguma, B., Henrot, J., & Isirimah, N.O. (1999) Soil fertility enhancement by planted tree-fallow species in the humid lowlands of Cameroon. *Agroforestry Systems*, 46, 239-249.
- Koutika, L.S., Nolte, C., Yemefack, M., Ndango, R., Folefoc, D., & Weise, S. (2005) Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status. *Geoderma*, 125, 343-354.
- Lesueur, D., Yattara, I., Louppe, D., Sougoufara, B., Gnahoua, G.-M., Ouattara, N.K., Kolou, O., Yossi, H., & Mallet, B. (2000). Fixation symbiotique de l'azote au sein de jachères améliorées à *Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis* en Côte d'Ivoire, au Mali et au Sénégal. In *La jachère en Afrique tropicale* (eds Floret C. & R. Pontanier), pp. 664-674. John Libbey Eurotext, Paris.
- Louppe, D., Ouattara, N.K., & Oliver, R. (1998) Maintien de la fertilité dans trois jachères arborées. Bilan minéral (Korhogo, nord Côte d'Ivoire). *Agriculture et développement*, 18, 47-54.
- Menzies, N. (1988) Three hundred years of taungya: a sustainable system of forestry in South China. *Human Ecology*, 16, 361-376.
- Mulamba, J.-P. (2012). Performances de certains légumineuses arbustives : station INERA de Kipopo, République Démocratique du Congo. In *Lutte anti-érosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles* (eds E. Roose, H. Duchaufour & G. De Noni). IRD Editions, Marseille.
- Niemeijer, D. & Mazzucato, V. (2003) Moving beyond indigenous soil taxonomies: local theories of soils for sustainable development. *Geoderma*, 111, 403-424.
- Peltier, R. & Ballé Pity (1993) De la culture itinérante sur brulis au jardin agroforestier en passant par les jachères enrichies. *Bois et Forêts des Tropiques*, 235, 49-57.
- Salako, F.K., Hauser, S., Babalola, O., & Tian, G. (2001) Improvement of the physical fertility of a degraded Alfisol with planted and natural fallows under humid tropical conditions. *Soil Use and Management*, 17, 41-47.
- Schwartz, D. (1991) Intérêt de la mesure du delta-C13 des sols en milieu naturel équatorial pour la connaissance des aspects pédologiques et écologiques des relations savane-forêt. Exemples du Congo. *Cah. ORSTOM, série Pédol.*, XXVI, 327-341.
- Topoliantz, S., Ponge, J.F., & Ballof, S. (2005) Manioc peel and charcoal: a potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics. *Biology and Fertility of Soils*, 41, 15-21.
- Yemefack, M., Nounamo, L., Njomgang, R., & Bilong, P. (2004) Influences des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun. *Tropicultura*, 22, 3-10.

Liste des Annexes

Annexe 1 – Calendrier de la mission

Annexe 2 – Description de la fosse pédologique Mampu-Savane 2

Annexe 3 – Conditions initiales de plantation de quelques parcelles de 25 ha de Mampu. Information transmise par D. Batababudi Ndeke.

Annexe 4 – Etude de transects sur Kinduala : localisation des relevés sur une image SRTM

Annexe 5 – Etude de transects sur Kinduala : description des relevés

Annexe 6 – Description de la fosse pédologique de type « Kibuma », Kinduala

Annexe 7 – Echantillons de sols de surface prélevés durant la mission en vue d'analyses

Annexe 8 – Relevés GPS Mampu et photos associées

Annexe 9 – Relevés GPS Kinduala et photos associées

Annexe 1 – Calendrier de la mission

Mardi 13 mars 2012. Trajet Montpellier / Paris / Kinshasa

Mercredi 14 mars. Kinshasa. Préparation du terrain (Mampu, Plateaux Batéké) : discussion avec F. Bisiaux, bibliographie, ébauche du protocole expérimental.

Jeudi 15 mars. Trajet Kinshasa/Mampu. Prospection trière → aperçu des sols de Mampu

Vendredi 16 mars. Etude des sols sur chronoséquence 1 et chronoséquence 2.

Samedi 17 mars. Synthèse du terrain effectué les 15 et 16 mars. Etude des sols sur chronoséquence 2 (suite et fin), témoins « savanes » et « Eucalyptus ».

Dimanche 18 mars. Prospection trière le long du transect KE, du plateau à la rivière Lufimi. Ouverture d'une fosse sur savane. Bibliographie thèse Kasongo (2005).

Lundi 19 mars. Rencontre de M. Batababudi. Description de la fosse sur savane. Etude diachronique de sols : Kasongo 2004 vs 2012. Trajet Mampu/Kinshasa

Mardi 20 mars. Synthèse du terrain effectué du 15 au 19 mars.

Mercredi 21 mars. Synthèse du terrain effectué du 15 au 19 mars (suite). Trajet Kinshasa/Kinduala (Bas-Congo). Réunion avec les villageois de la lignée 1.

Jeudi 22 mars. Prospection trière → Aperçu des grands types de sols. Etude des sols sur transect 1.

Vendredi 23 mars. Etude des sols sur transect 1 (suite et fin), transect 2 et transect 3.

Samedi 24 mars. Ouverture et description d'une fosse sur « Kibuma ». Réunion avec les villageois de la lignée 2.

Dimanche 25 mars. Etude des sols sur transect 4. Trajet Kinduala/Kinshasa

Lundi 26 mars. Synthèse du terrain effectué du 21 au 25 mars.

Mardi 27 mars. Synthèse du terrain effectué du 21 au 25 mars (suite). Empaquetage des sols. Trajet Kinshasa/Paris

Mercredi 28 mars 2012. Trajet Kinshasa/Paris/Montpellier

Annexe 2 – Description de la fosse pédologique Mampu, Savane 2

Id : Pays : RDC

Lieu : Mampu

Fosse : Savane 2

Ouverture de la fosse : 18 mars 2012

Description de la fosse : 19 mars 2012

Auteur : V. Freycon

Dimension de la fosse : Longueur=150 cm x largeur=100 cm x Prof.=160 cm

Localisation :

RDC, Mampu, Plateaux Batéké

A quelques mètres au sud de la parcelle J2

Relevé GPS, WGS84, UTM 33S : x = 644325 m ; y = 9 520 465 m

Relevé GPS, WGS84, coord. Géographiques : Longitude = 16°18'02,2" E ; Latitude = 4°20'14,3" S

Végétation : Savane herbeuse avec quelques arbustes (*Hymenocardia acida*)

A proximité de trois *Hymenocardia acida* (diamètre à 50 cm = 4 cm ; Hauteur = 2 m)

Géologie : Système du Kalahari (sables ocres et grès polymorphes)

Antécédents climatiques : Les deux jours précédents, pluie forte

Hydrologie :

Régime hydrique sec de manière saisonnière

Drainage naturel favorable

Sans excès d'eau

Géomorphologie :

Pente = 2%

Morphologie locale : sur un replat

Situation dans la forme : au tiers supérieur du versant

Nombre d'horizons : 4

Horizon 1 [0 - 10 cm]

Frais. 10YR3/1 (gris très sombre). Taches brunes très sombre (10YR2/2) assez nombreuses, de dimension moyenne, peu nettes et peu contrastées, situées dans la matrice. Texture sableuse. Structure particulière. Absence d'éléments grossiers. Charbons de bois peu nombreux. Reste de termitière brûlée. Très poreux. Nombreuses racines très fines et fines. Racines moyennes peu nombreuses. Transition avec horizon inférieur sur 2 cm et régulière.

Horizon 2 [10 – 50 cm]

Frais. 10YR3/1 (gris très sombre). Taches brunes très sombre (10YR2/2) assez nombreuses, moyennes, peu nettes et peu contrastées, situées dans la matrice. Taches jaune-rouge (5YR6/8) très peu nombreuses, fines, très nettes, très contrastées et situées dans la matrice. Taches jaune-rouge (7.5YR6/6) très peu nombreuses, moyennes, nettes, très contrastées, en remplissage de fissures.. Texture sableuse. Structure particulière à sur-structure polyédrique sub-anguleuse faible, 20 mm.

Absence d'éléments grossiers. Très poreux. Nombreuses racines très fines et fines. Racines moyennes et très grosses peu nombreuses. Transition avec horizon inférieur sur 2 cm et régulière.

Horizon 3 [50 – 80 à 100 cm]

Frais. 10YR3/2 (brun gris très sombre). Taches brunes très sombre (10YR2/2) très peu nombreuses, fines, peu nettes et contrastées, situées dans la matrice. Taches brunes (7.5YR4/2) à jaune-rouge (7.5YR6/6) du haut vers le bas de l'horizon, nombreuses, très grosses, nettes, contrastées, en remplissage de fissures. Taches brunes (10YR4/3) peu nombreuses, très grosses, nettes, contrastées, en remplissage de fissures. Texture sableuse. Structure particulière à sur-structure polyédrique sub-anguleuse faible, 20 mm. Absence d'éléments grossiers. Charbons de bois et galerie de rongeur peu nombreux. Poreux. Nombreuses racines très fines. Racines fines et moyennes peu nombreuses. Distribution spatiale des racines hétérogène. Transition avec horizon inférieur sur 2 cm et ondulée.

Horizon 4 [80 à 100 cm – 160 cm]

Frais. 7.5YR6/6 (jaune-rouge). Taches brunes très sombre (10YR2/2) assez nombreuses, moyennes, nettes, très contrastées, autour des racines. Texture sableuse. Structure particulière à sur-structure polyédrique sub-anguleuse faible, 40 mm. Absence d'éléments grossiers. Poreux. Racines très fines, fines, moyennes et grosses peu nombreuses.

Profondeur de prélèvement des échantillons de sol par horizon pour WRB :

Horizon 1 : 0-10 cm

Horizon 2 : 20-30 cm

Horizon 2 : 40-50 cm

Horizon 3 : 70 cm \pm 5 cm

Horizon 4 : 130 cm \pm 5 cm

Profondeur de prélèvement des échantillons de sol par horizon pour 13C (Projet CoForChange) :

0-5 cm ; 10-15 cm ; 20-25 cm ; 30-35 cm ; 40-45 cm ; 50-55 cm ; 60-65 cm ; 70-75 cm ; 80-85 cm ; 90-95 cm ; 100-110 cm ; 120-130 cm ; 140-150 cm

Commentaires :

Sol sableux. Légère augmentation en argile avec la profondeur perceptible sur sol sec (agrégats) mais non perceptible sur sol humide.

Horizon riche en matière organique très épais, jusqu'à 50 cm de profondeur.

Horizon 1 : A11, horizon organique

Horizon 2 : A12, horizon organique

Horizon 3 : AB, horizon intermédiaire

Horizon 4 : B



Mampu (Plateau Batéké, RDC) : profil Savane 2, face principalement étudiée



Face 1 : Taches 10YR2/2 dans matrice 10YR3/1



Face 3 : Taches sous la forme de trainées horizontales.



Face 1 : Taches 10YR2/2 verticales correspondant à des racines mortes
Distribution préférentielle des racines dans tache 10YR4/3 qui correspond certainement au comblement d'une ancienne grosse racine morte ou d'une galerie de rongeur.



Face 1 : Taches 10YR2/2 encore présentes en profondeur.

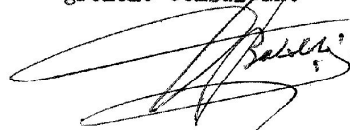
Mampu, Fosse savane 2 : détails à différentes profondeurs mettant en évidence la présence de taches tout le long du profil et la distribution spatiale hétérogène des racines.

Annexe 3 – Conditions initiales de plantation de quelques parcelles de 25 ha de Mampu. Information transmise par D. Batababudi Ndeke.

LES RENSEIGNEMENTS DEMANDES

N°Ord.	N°des parcelles	Noms des essences	Ecartements	Provenance de	Date de Plantation
1	B 14	Eucalyptus camaldulensis	4m x 2m	Australie	Novembre 1990
2	J 02	Acacia Auriculiformis ou Racosperma Auriculiformae	3m x 2m	Centre Forestier Kinshasa (CFK)	Novembre 1988
3	O 02	Acacia Auriculiformis ou Racosperma Auriculiformae	3m x 2m	C F K	Novembre 1988
4	O 18	Acacia Auriculiformis ou Racosperma Auriculiformae	4m x 3m	Service National de Reboisement Kinshasa (SNR)	Octobre 1990
5	P 01	Acacia Auriculiformis ou Racosperma Auriculiformae	4m x 3m	S.N.S/Kinshasa	Novembre 1990
6	P 16	Acacia Auriculiformis ou Racosperma Auriculiformae	4m x 3m		
7	T 09	Acacia Auriculiformis ou Racosperma Auriculiformae	4m x 3m	C F K	Novembre 1990

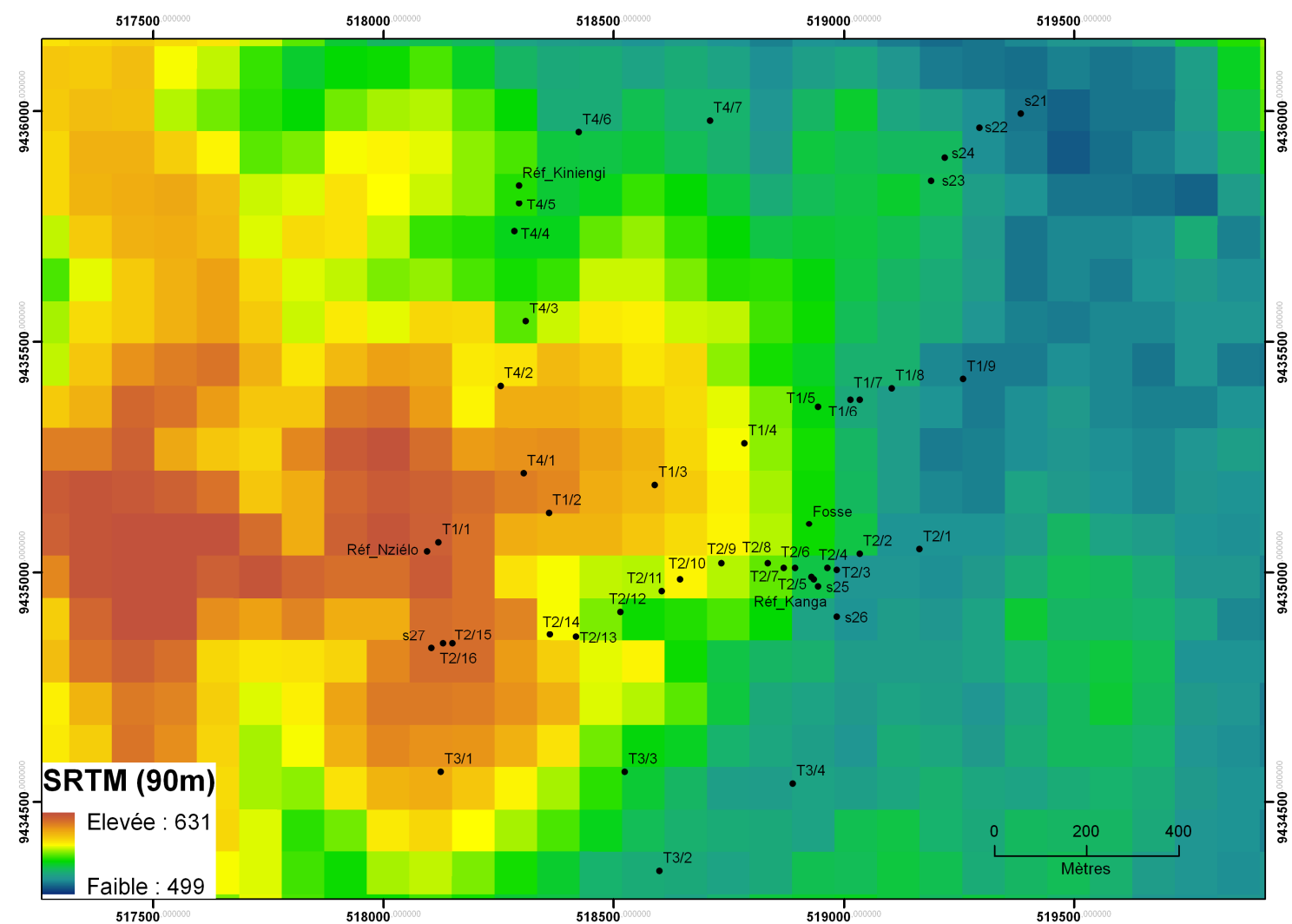
Fait à Mampu, le 16 Mars 2012
BATABABUDI NDEKE Dieudonné
Agronome Consultant



Information complémentaire donnée par D. BATABABUDI, le 13 mars 2012

Parcelle	Essences	Ecartement	Provenance	Date plantation
A7	Acacia auriculiformis	3m x 3m	CFK	decembre 1989
T7	Acacia auriculiformis	3m x 3m	CFK	decembre 1989
J3	Acacia auriculiformis	3m x 2m	CFK	dec. 1988
K2	Acacia auriculiformis	3m x 2m	CFK	novembre 1988
H2	Acacia auriculiformis	3m x 2m	Inde	novembre 1989
L5	Eucalyptus camaldulensis	3m x 3m	Australie	mars 1990
G7	Eucalyptus camaldulensis	3m x 2m	Australie	janvier 1990

Annexe 4 – Etude de transects sur Kinduala : localisation des relevés sur une image SRTM



Annexe 5 – Etude de transects sur Kinduala : description des relevés

Id	Sondage	Type de sol	Altitude GPS	Position topo	Pente (%)	Code Munsell [0-20 cm]	Végétation	UP
8	T1/1	<i>Nziélo</i>	601	Plateau	3	10YR3/2	Culture	Ancien <i>Voka de Kisaka</i> ; <i>Voka di Maba</i> ; Culture de manioc ; charbons de bois
9	T1/2	<i>Nziélo</i>	588	Plateau	3	10YR3/2	Culture	Ancien <i>Voka di Kanga</i> Culture : manioc, maïs, courge ; charbons de bois ; fougère
10	T1/3	<i>Nziélo</i>	580	Plateau	5	10YR3/2	Culture	Ancien <i>Voka di Kanga</i> ; Culture : manioc, maïs ; charbons de bois ; fougères
11	T1/4	<i>Kibuma</i>	562	Haut versant	14	10YR4/3.5	Culture	Culture : manioc, arachide, maïs. Suite à une jachère forestière > 6 ans ouverte en nov. 2011 A proximité d'un <i>Nkunku</i> ; charbons de bois ; fougères.
12	T1/5	<i>Kibuma</i>	538	Mi-versant	11	10YR3/3	Culture	Culture : manioc, arachide ; A 25 m du <i>Voka di Findu</i> ; charbons de bois
13	T1/6	<i>Kibuma- Kanga</i>	533	BV	26	10YR4/2	Pré-labour	Ancien <i>Voka di Kanga</i> ; A 25 m du <i>Voka</i> forestier ; Pré-billon parallèle à la pente suite à un labour
14	T1/7	<i>Nziélo- Kibuma</i>	526	Bas-fond	1	10YR3/2	Culture	Bas-fond local ; Culture : manioc, arachide
15	T1/8	<i>Kibuma</i>	529	BV	3	10YR3/2	Culture	Culture : manioc, archide, maïs ; charbons de bois
16	T1/9	<i>Kibuma</i>	519	Bas-fond	1	GLE Y1 2.5/N	Jachère	Jachère herbeuse ; Ancien billon ; proche d'un trou d'eau
17	T2/1	<i>Kibuma</i>	523	BV	4	10YR3/1	Culture	Culture : manioc ; A proximité de la pépinière de la lignée 1 ; A 30 m de la rivière Kalési

18	T2/2	<i>Kibuma-Kanga</i>	532	BV	21	10YR4/3	Jachère	<i>Voka di Kanga</i> ; Ancienne jachère ; palmiers
19	T2/3	<i>Kanga</i>	536	BV	20	10YR4/3	Culture	Culture : manioc ; billons parallèles à la pente
20	T2/4	<i>Kiniengi-Kanga</i>	541	Mi-versant	29	10YR5/6	Pré-labour	Pré-labour ; billons parallèles à la pente ; termitière de couleur brun-jaune révélant le <i>kanga</i> de profondeur
21	T2/5	<i>Kanga</i>	544	Mi-versant	27	10YR5/6	Savane	Savane herbeuse à <i>Hymenocardia acida</i>
22	T2/6	<i>Kiniengi-Kanga</i>	553	Mi-versant	16	10YR5/4	Savane	Savane herbeuse
23	T2/7	<i>Kiniengi-Kanga</i>	559	Mi-versant	12	10YR4/3	Culture	Culture : manioc
24	T2/8	<i>Kibuma</i>	563	Mi-versant	18	10YR5/4	Jachère	Jachère récente < 6 ans suite à une ancienne culture
25	T2/9	<i>Kiniengi</i>	575	Haut versant	8	10YR3/2	Jachère	Jachère récente < 6 ans suite à une ancienne culture ; billons parallèles à la pente ; <i>Hymenocardia acida</i> , <i>Millettia drastica</i> , <i>Albizia sp.</i>
26	T2/10	<i>Kanga</i>	571	Mi-versant	25	(7.5 à 10)YR/5/6	Jachère	Jachère de 3 ans
27	T2/11	<i>Kibuma-Kanga</i>	560	BV	20	10YR3/3	Savane	Savane avec rigole d'érosion
28	T2/12	<i>Kiniengi</i>	553	Bas-fond	2	10YR2/1	Culture	Cirque d'érosion ; Culture : manioc
29	T2/13	<i>Kibuma</i>	560	BV	10	10YR3/1	Culture	Cirque d'érosion ; Culture : maïs, amarante, piment, tomate, haricot
30	T2/14	<i>Kiniengi</i>	577	Mi-versant	27	10YR3/1	Jachère	Cirque d'érosion ; Ancienne jachère brûlée après avoir été coupée ; sol avec cendres ; fougères
31	T2/15	<i>Kiniengi-Nziélo</i>	601	Plateau	2	10YR3/2	Culture	Ancien champ (maïs, arachide, manioc) venant d'être récolté ; charbons de bois ; fougères
32	T2/16	<i>Nziélo</i>	603	Plateau	1	10YR3/2	Culture	Culture : arachide
33	T3/1	<i>Kiniengi</i>	588	Haut versant	9	10YR3/2	Savane	Savane à <i>Hymenocardia acida</i> , <i>Annona senegalensis</i>
34	T3/2	<i>Kiniengi</i>	536	BV	3	10YR3/1	Pré-labour	Pré-labour ; A proximité de la Kalési

35	T3/3	<i>Kanga</i>	550	Mi-versant	24	10YR5/4	Savane	Savane à <i>Hymenocardia acida</i> , <i>Annona senegalensis</i> , <i>Maprounea africana</i>
36	T3/4	<i>Nziélo</i>	532	Bas-fond	0	10YR6/1	Culture	Champ non sarclé
37	T4/1	<i>Nziélo-Kiniengi</i>	586	Haut versant	4	10YR4/3	Culture	Culture : manioc, maïs, arachide ; charbons de bois
38	T4/2	<i>Kiniengi-Kibuma</i>	562	Mi-versant	19	10YR3/2	Culture	Culture : manioc, arachide ; maïs déjà récolté
39	T4/3	<i>Kibuma</i>	546	BV	21	10YR2/2	Pré-labour	Fond de vallon d'un cirque d'érosion ; à proximité d'un ruisseau ; Pré-labour après jachère de 3 à 4 ans ; fougère
40	T4/4	<i>Nziélo-Kibuma</i>	536	BV	8	10YR3/2	Culture	Culture : manioc
41	T4/5	<i>Kanga</i>	544	Mi-versant	30	10YR5/6	Jachère	Jachère > 6 ans → aspect de savane à <i>Hymenocardia acida</i> , <i>Maprounea africana</i> , <i>Annona senegalensis</i> , <i>Ochna afzelii</i> , <i>Anthocleista sp.</i>
42	T4/6	<i>Kibuma</i>	532	BV	4	10YR2/2	Culture	Culture : manioc, maïs
43	T4/7	<i>Kibuma</i>	535	BV	5	10YR4/3	Voka	A la limite entre <i>Voka Msumbo</i> (H=20 m) et jeune cultures de piments

Annexe 6 – Description de la fosse pédologique de type « Kibuma », Kinduala

Id : Pays : RDC

Lieu : Kinduala (Bas-Congo)

Fosse : (Kiniengi-) Kibuma (-Kanga)

Ouverture de la fosse : 23 mars 2012

Description de la fosse : 23 mars 2012

Auteur : V. Freycon et B. Lavis

Dimension de la fosse : Longueur=150 cm x largeur=100 cm x Prof.=140 cm

Localisation :

RDC, Kinduala, Bas-Congo

Relevé GPS, WGS84, UTM 33S : x = 518 955 m ; y = 9 435 105 m

Relevé GPS, WGS84, coord. Géographiques : Longitude = 15°10'14,7" E ; Latitude = 5°06'38,2" S

Végétation : Jachère < 6 ans avec *Hymenocardia acida*, *Maprounea africana*, *Annona senegalensis*.

Jachère ayant suivi d'anciennes cultures qui avaient été installées sur des billons parallèles à la pente

Géologie : A compléter

Antécédents climatiques : Pluie moyenne les jours précédents

Hydrologie :

Régime hydrique sec de manière saisonnière

Drainage naturel favorable

Sans excès d'eau

Géomorphologie :

Pente = 13%

Morphologie locale : sur une pente régulière

Situation dans la forme : au tiers supérieur du versant

Nombre d'horizons : 5

Horizon 1 [0 à 12 – 15 à 20 cm]

Sec. 2.5Y5/3 (brun olive clair). Absence de taches. Texture sableuse. Structure particulière forte à sur-structure polyédrique subanguleuse 10 mm modérée. Absence d'éléments grossiers. Charbons de bois nombreux. Très poreux. Très nombreuses racines très fines. Racines fines peu nombreuses. Transition avec horizon inférieur sur 1 cm et régulière.

Horizon 2 [15 à 20 – 30 cm]

Sec. 10YR4/3 (brun). Absence de taches. Texture sablo_argileuse. Structure polyédrique sub-anguleuse 10 mm forte à sous-structure grumeleuse 1 mm. Absence d'éléments grossiers. Charbons de bois peu nombreux. Très peu poreux (inter-billon) à poreux (billon). Très compact en-dessous de l'inter-billon quand épaisseur de l'horizon 1 est inférieur à 5 cm → horizon 2 proche de la surface permettant au soleil de le « cuire ». Nombreuses racines très fines. Racines fines, moyennes et grosses peu nombreuses. Transition avec horizon inférieur sur 2 cm et régulière.

Horizon 3 [30 – 50 à 55 cm]

Frais. 10YR4/4 (brun jaune sombre). Taches brunes (10YR4/3) assez nombreuses, fines, peu nettes et peu contrastées, situées dans la matrice. Taches brunes-jaunes (10YR5/8) très peu nombreuses, grosses, nettes, très contrastées, en remplissage de fissures. Texture argilo-sableuse. Structure polyédrique sub-angleuse 10 mm, forte. Absence d'éléments grossiers. Poreux. Racines très fines et fines peu nombreuses. Transition avec horizon inférieur sur 3 cm et ondulée.

Horizon 4 [50 à 55 cm – 70 à 120 cm]

Frais. 7.5YR5/6 (brun fort). Taches brunes (10YR4/3) nombreuses, moyennes, peu nettes et contrastées, situées dans la matrice. Taches brunes-jaunes (10YR5/8) très nombreuses, grosses, nettes et contrastées, en remplissage de fissures. Texture argilo-sableuse. Structure polyédrique sub-angleuse 20 mm, forte. Absence d'éléments grossiers. Poreux. Racines très fines, fines et moyennes peu nombreuses. Transition avec horizon inférieur sur 2 cm et ondulée (glosses)

Horizon 5 [70 à 120 – 140 cm]

Frais. 7.5YR5/8 (brun fort). Taches brunes (10YR4/3) nombreuses, moyennes, nettes et contrastées, correspondant à des racines mortes décomposées. Texture argilo-(sablo-limoneuse). Structure polyédrique sub-angleuse 20 mm, modérée. Absence d'éléments grossiers. Poreux. Racines très fines, fines et moyennes peu nombreuses.

Profondeur de prélèvement des échantillons de sol par horizon pour WRB :

Horizon 1 : 0-10 cm

Horizon 2 : 20-25 cm

Horizon 2 : 40 cm \pm 5 cm

Horizon 3 : 70 cm \pm 5 cm

Horizon 4 : 120 cm \pm 5 cm

Commentaires :

Sol modifié par l'homme avec cultures en billons parallèles à la pente et sol nu → facteur d'érosion.

Horizon supérieur sableux, certainement dû à un enrichissement relatif du au départ des éléments fins.

A 10 cm de profondeur au niveau de l'inter-billon, une zone très compact (→ alios ?).

Horizon 1 : correspond au type de sol « *Kiniengi* » : sol de mélange

Horizons 2 et 3 : correspondent au type de sol « *Kibuma* » : brun, structure agrégative

Horizon 5 : correspond au type de sol « *Kanga* », argileux, dur à travailler.



Kinduala (Bas-Congo, RDC) : profil (*Kiniengi*)-Kibuma-(Kanga)



Horizons supérieurs influencés par l'homme :

- horizon 1 (*Kiniengi* : sableux, clair au soleil) avec une épaisseur qui varie suivant sa situation dans le billon (15 cm) ou entre deux billons (3 cm) ; présence de charbons de bois ;
- horizon 2 (*Kibuma*, brun) : zone très compacte sous l'inter-billon, constituant un obstacle pour les racines



Horizon 4 et 5 : *Kanga*

Annexe 7 – Echantillons de sols de surface prélevés durant la mission en vue d'analyses

Echantillons prélevés pour estimer la fertilité chimique des sols de surface

Id labo	Site	Etude	sondage	Parcelle (Mampu) Type de sol (Kinduala)	Prof. min	Prof. max
1	Mampu	Chrono1	1a	H2	0	20
2	Mampu	Chrono1	1b	H2	0	20
3	Mampu	Chrono1	1c	H2	0	20
4	Mampu	Chrono1	2a	J2	0	20
5	Mampu	Chrono1	2b	J2	0	20
6	Mampu	Chrono1	2c	J2	0	20
7	Mampu	Chrono1	3a	J2	0	20
8	Mampu	Chrono1	3b	J2	0	20
9	Mampu	Chrono1	3c	J2	0	20
10	Mampu	Chrono1	4a	J2	0	20
11	Mampu	Chrono1	4b	J2	0	20
12	Mampu	Chrono1	4c	J2	0	20
13	Mampu	Chrono1	5a	J2	0	20
14	Mampu	Chrono1	5b	J2	0	20
15	Mampu	Chrono1	5c	J2	0	20
16	Mampu	Chrono1	6a	J2	0	20
17	Mampu	Chrono1	6b	J2	0	20
18	Mampu	Chrono1	6c	J2	0	20
19	Mampu	Chrono2	1a	T7	0	20
20	Mampu	Chrono2	1b	T7	0	20
21	Mampu	Chrono2	1c	T7	0	20
22	Mampu	Chrono2	2a	A7	0	20
23	Mampu	Chrono2	2b	A7	0	20
24	Mampu	Chrono2	2c	A7	0	20
25	Mampu	Chrono2	3a	A7	0	20
26	Mampu	Chrono2	3b	A7	0	20
27	Mampu	Chrono2	3c	A7	0	20
28	Mampu	Chrono2	4a	A7	0	20
29	Mampu	Chrono2	4b	A7	0	20
30	Mampu	Chrono2	4c	A7	0	20
31	Mampu	Chrono2	5a	A7	0	20
32	Mampu	Chrono2	5b	A7	0	20
33	Mampu	Chrono2	5c	A7	0	20
34	Mampu	Chrono2	6a	A7	0	20
35	Mampu	Chrono2	6b	A7	0	20
36	Mampu	Chrono2	6c	A7	0	20
37	Mampu	Chrono, témoin	Sav1		0	20
38	Mampu	Chrono, témoin	Sav2		0	20
39	Mampu	Chrono, témoin	Eu1	G7	0	20
40	Mampu	Chrono, témoin	Eu2	L5	0	20
41	Mampu	Diachronique	Kin2_2012		0	25
42	Mampu	Diachronique	Kin3_2012	J3	0	25
43	Mampu	Diachronique	Kin4_2012	K2	0	25
44	Mampu	Diachronique	Kin5_2012	J2	0	25

45	Kinduala	Transect 1	T1/1	<i>Nziélo</i>	0	20
46	Kinduala	Transect 1	T1/2	<i>Nziélo</i>	0	20
47	Kinduala	Transect 1	T1/3	<i>Nziélo</i>	0	20
48	Kinduala	Transect 1	T1/4	<i>Kibuma</i>	0	20
49	Kinduala	Transect 1	T1/5	<i>Kibuma</i>	0	20
50	Kinduala	Transect 1	T1/8	<i>Kibuma</i>	0	20
51	Kinduala	Transect 1	T1/9	<i>Kibuma</i>	0	20
52	Kinduala	Transect 2	T2/1	<i>Kibuma</i>	0	20
53	Kinduala	Transect 2	T2/3	<i>Kanga</i>	0	20
54	Kinduala	Transect 2	T2/5	<i>Kanga</i>	0	20
55	Kinduala	Transect 2	T2/8	<i>Kibuma</i>	0	20
56	Kinduala	Transect 2	T2/9	<i>Kiniengi</i>	0	20
57	Kinduala	Transect 2	T2/10	<i>Kanga</i>	0	20
58	Kinduala	Transect 2	T2/12	<i>Kiniengi</i>	0	20
59	Kinduala	Transect 2	T2/13	<i>Kibuma</i>	0	20
60	Kinduala	Transect 2	T2/14	<i>Kiniengi</i>	0	20
61	Kinduala	Transect 2	T2/16	<i>Nziélo</i>	0	20
62	Kinduala	Transect 3	T3/1	<i>Kiniengi</i>	0	20
63	Kinduala	Transect 3	T3/2	<i>Kiniengi</i>	0	20
64	Kinduala	Transect 3	T3/3	<i>Kanga</i>	0	20
65	Kinduala	Transect 3	T3/4	<i>Nziélo</i>	0	20
66	Kinduala	Transect 4	T4/3	<i>Kibuma</i>	0	20
67	Kinduala	Transect 4	T4/5	<i>Kanga</i>	0	20
68	Kinduala	Transect 4	T4/6	<i>Kibuma</i>	0	20
69	Kinduala	Transect 4	T4/7	<i>Kibuma</i>	0	20

Echantillons prélevés dans des fosses de référence pour classer les sols dans le WRB

Id labo	Site	Etude	Profondeur	
			min	max
1	Mampu	Fosse savane 2	0	10
2	Mampu	Fosse savane 2	20	30
3	Mampu	Fosse savane 2	40	50
4	Mampu	Fosse savane 2	65	75
5	Mampu	Fosse savane 2	125	135
6	Kinduala	Fosse <i>Kibuma</i>	0	10
7	Kinduala	Fosse <i>Kibuma</i>	20	25
8	Kinduala	Fosse <i>Kibuma</i>	35	45
9	Kinduala	Fosse <i>Kibuma</i>	65	75
10	Kinduala	Fosse <i>Kibuma</i>	115	125

Annexe 8 – Relevés GPS Mampu et photos associées

Référentiel : WGS84 ; Projection : UTM33S

Modèle : Garmin GPSmap 60CSx

Id	Type d'étude	Sondage	Id_GPS	Longitude (E)	Latitude (N)	Id_Photo DSC0....
1	Chrono 1	1a	1A	643765	9520840	4450 (droite),4452
2		1b	1B	643760	9520715	
3		1c	1C	643770	9520615	
4		2a	2A	643805	9520840	4450 (gauche)
5		2b	2B	643805	9520730	4453
6		2c	2C	643805	9520610	4454
7		3a	3A	643955	9520825	4449
8		3b	3B	643955	9520715	4449
9		3c	3C	643955	9520620	4448
10		4a	4A	644055	9520845	4447
11		4b	4B	644060	9520730	
12		4c	4C	644060	9520630	
13		5a	5A	644185	9520855	4445
14		5b	5B	644180	9520750	4442, 4443
15		5c	5C	644185	9520655	4442, 4443
16		6a	6A	644280	9520880	
17		6b	6B	644285	9520770	
18		6c	6C	644290	9520655	4440, 4441
19	Chrono2	1a	01A	639600	9523315	4463
20		1b	01B	639605	9523230	
21		1c	01C	639605	9523135	
22		2a	02A	639635	9523305	
23		2b	02B	639640	9523220	
24		2c	02C	639640	9523120	
25		3a	03A	639695	9523315	4462
26		3b	03B	639695	9523270	4462
27		3c	03C	639720	9523085	4472
28		4a	04A	639850	9523340	4461
29		4b	04B	639845	9523265	
30		4c	04C	639845	9523160	
31		5a	05A	639980	9523395	4459
32		5b	05B	640000	9523305	
33		5c	05C	639995	9523235	4458
34		6a	06A	640110	9523335	4456
35		6b	06B	640110	9523235	
36		6c	06C	640115	9523130	
37	Chrono témoins	Eucalyptus1	Euc1	643145	9523145	4469, 4470, 4471
38		Eucalyptus2	Euc2	644845	9522575	4476
39		Savane1	Sav1	637535	9522255	4473
40		Savane2	Sav2	644325	9520465	

Id	Type d'étude	Sondage	Id_GPS	Longitude (E)	Latitude (N)	Photos DSC0....
45	Etude diachronique	Savane	KIN2_2012	644315	9520485	
46		<i>A. auriculiformis</i> 1 an après				
		2ème coupe	KIN3_2012	644165	9521075	
47		<i>A. auriculiformis</i> 2 ans après				
		2ème coupe	KIN4_2012	644325	9520890	
48		<i>A. auriculiformis</i> 4 ans après				
		1ère coupe	KIN5_2012	643965	9520860	
49	Prospection tarière	s1	046	637600	9519850	
50		s2	047	637640	9519925	
51		s3	048	637555	9521570	
52		s4	049	637460	9527750	
53		s5	050	637505	9527760	
54		s6	051	640090	9527005	
55		s7	052	646720	9529345	
56		s8	053	646730	9529385	
57		s9	054	646865	9520605	
58	Etude du transect KE	s11 (KE1)	078	634410	9521070	
59		s12 (KE2)	079	634315	9521045	
60		s13 (KE3)	080	634220	9521030	4480, 4481, 4482
61		s14 (KE4)	081	634125	9521015	4485, 4486
62		s15 (KE5)	082	634030	9520995	
63		s16 (KE6)	083	633930	9520985	
64		s17 (KE7)	084	633845	9520995	4487
65		s18 (KE8)	085	633745	9520980	4491 à 4497
66		Rivière Lufini	086	633710	9520960	4498, 4499

Annexe 9 – Relevés GPS Kinduala et photos associées

Référentiel : WGS84 ; Projection : UTM33S

Modèle : Garmin GPSmap 60CSx

Id	Type étude	Sondage	Type de sol	Id_GPS	Longitude	Latitude	Id_Photo
1	Prospection tarière	s21	<i>Kibuma</i>	089	519385	9435995	
2		s22	<i>Kiniengi</i>	090	519295	9435965	
3		s23	<i>Kiniengi-Kanga</i>	091	519190	9435850	
4		s24	<i>Kibuma</i>	092	519220	9435900	
5		s25	<i>Kanga</i>	095	518945	9434970	
6		s26	<i>Kiniengi</i>	096	518985	9434905	
7		s27	<i>Nziélo</i>	097	518105	9434835	
8	Transect 1	T1/1	<i>Nziélo</i>	098	518120	9435065	4572
9		T1/2	<i>Nziélo</i>	099	518360	9435130	4573
10		T1/3	<i>Nziélo</i>	100	518590	9435190	4574, 4576
11		T1/4	<i>Kibuma</i>	102	518785	9435280	4580
12		T1/5	<i>Kibuma</i>	103	518945	9435360	4581, 4582
13		T1/6	<i>Kibuma-Kanga</i>	105	519015	9435375	4583, 4584
14		T1/7	<i>Nziélo-Kibuma</i>	107	519035	9435375	4585
15	Transect 2	T1/8	<i>Kibuma</i>	113	519105	9435400	4586
16		T1/9	<i>Kibuma</i>	111	519260	9435420	4587
17		T2/1	<i>Kibuma</i>	114	519165	9435050	4590
18		T2/2	<i>Kibuma-Kanga</i>	116	519035	9435040	4591
19		T2/3	<i>Kanga</i>	117	518985	9435005	4592
20		T2/4	<i>Kiniengi-Kanga</i>	118	518965	9435010	4593
21		T2/5	<i>Kanga</i>	119	518935	9434985	4594
22		T2/6	<i>Kiniengi-Kanga</i>	122	518895	9435010	4595, 4596
23		T2/7	<i>Kiniengi-Kanga</i>	121	518870	9435010	4597
24		T2/8	<i>Kibuma</i>	124	518835	9435020	
25		T2/9	<i>Kiniengi</i>	126	518735	9435020	4598
26		T2/10	<i>Kanga</i>	128	518645	9434985	4600
27		T2/11	<i>Kibuma-Kanga</i>	130	518605	9434960	4601
28		T2/12	<i>Kiniengi</i>	132	518515	9434915	
29		T2/13	<i>Kibuma</i>	135	518419	9434860	4603
30		T2/14	<i>Kiniengi</i>	137	518362	9434865	4605
31		T2/15	<i>Kiniengi-Nziélo</i>	139	518150	9434845	4606
32	Transect 3	T2/16	<i>Nziélo</i>	140	518130	9434845	4607, 4608
33		T3/1	<i>Kiniengi</i>	141	518125	9434565	4609
34		T3/2	<i>Kiniengi</i>	143	518600	9434350	4610, 4611
35		T3/3	<i>Kanga</i>	144	518525	9434565	4612
36	Transect 4	T3/4	<i>Nziélo</i>	146	518890	9434540	4615
37		T4/1	<i>Nziélo-Kiniengi</i>	149	518305	9435215	4638
38		T4/2	<i>Kiniengi-Kibuma</i>	151	518255	9435405	4639
39		T4/3	<i>Kibuma</i>	154	518310	9435545	4643
40		T4/4	<i>Nziélo-Kibuma</i>	157	518285	9435740	4645
41		T4/5	<i>Kanga</i>	160	518295	9435800	4646
42		T4/6	<i>Kibuma</i>	165	518425	9435955	4647
43		T4/7	<i>Kibuma</i>	166	518710	9435980	4649, 4651, 4652

Id	Type étude	Sondage	Type de sol	Id_GPS	X	Y	Id_Photo
44	Sols de Référence	Fosse	<i>(Kiniengi)</i> <i>Kibuma (Kanga)</i>	Fosse	518925	9435105	4620 à 4636
45		Tarière	<i>Kanga</i>	147	518930	9434990	
46		4 prof.	<i>Kiniengi</i>	162	518295	9435840	
47			<i>Nziélo</i>	167	518095	9435045	